



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BIOPRODUTOS DO CERRADO:
ESTABILIDADE OXIDATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE
FRANGO**

CRISTIANE BOVI DE LIMA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

BRASÍLIA/DF
MARÇO DE 2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BIOPRODUTOS DO CERRADO:
ESTABILIDADE OXIDATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE
FRANGO**

CRISTIANE BOVI DE LIMA

ORIENTADOR: ALINE M. C. RACANICCI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

PUBLICAÇÃO: 96/2014

BRASÍLIA/DF
MARÇO DE 2014

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

LIMA, C. B. **Atividade antioxidante de bioprodutos do cerrado: estabilidade oxidativa e qualidade da carne de frango**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 89 pag. Dissertação de mestrado.

Documento formal, autorizando a reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e o seu orientador reservam para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor ou do seu orientador. Citações são estimuladas desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, C. B. **Atividade antioxidante de bioprodutos do cerrado: estabilidade oxidativa e qualidade da carne de frango**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2014.

1. Antioxidante. 2. Plantas do cerrado. 3. TBARS. 4. Qualidade física da carne.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BIOPRODUTOS DO CERRADO:
ESTABILIDADE OXIDATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE
FRANGO**

CRISTIANE BOVI DE LIMA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS ANIMAIS, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS ANIMAIS

APROVADA POR:

ALINE M. CALIL RACANICCI, Doutora (Universidade de Brasília)
(ORIENTADORA)

ANGELA PATRÍCIA SANTANA, Doutora (Universidade de Brasília)

CANDICE B. G. S. TANURE, Doutora (Universidade de Brasília)

BRASÍLIA/DF, 07 DE MARÇO DE 2014

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente aos meus pais, Rita e Manoel, pelo exemplo de caráter e honestidade. Seu amor, apoio e incentivo foram essenciais para que conseguisse desenvolver este trabalho. Ao meu irmão, Luciano, pelo amor, amizade, companheirismo e incentivo constante. À vocês meu agradecimento eterno.

À Professora Aline Mondini Calil Racanicci pelo exemplo profissional a ser seguido. Pela orientação, amizade, confiança, paciência e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas da pós-graduação Dannielle, Geovana, Thaís, Candice, Frederico, Renata, Igor, Camila e Thiago, que estiveram presentes em todos os momentos, tornando as horas de trabalho prazerosas e celebrando as conquistas desta fase tão especial.

Aos bolsistas de iniciação científica, Samara, Luíza, Érika e Pedro por terem compartilhado comigo as angústias e tensões de se elaborar um trabalho científico.

À todos os professores pelos ensinamentos e amizade durante toda essa fase, em especial à Professora Ângela Patrícia pela oportunidade de realizar as análises de qualidade física em seu laboratório.

Aos técnicos de laboratório Giovana, Joyce e Márcio pela amizade, disponibilidade e auxílio constante que me permitiram realizar as análises necessárias para a conclusão deste experimento.

Às amigas Débora, Priscila, Laís e Bárbara que de alguma forma contribuíram para a concretização dessa etapa e pelas palavras de incentivo nos momentos difíceis.

Ao Prof. José Henrique Stringhini e Prof. Marcos Barcellos Café pela cooperação e fornecimento das carnes utilizadas para o desenvolvimento dos experimentos relatados nesta dissertação.

À rede Produção Animal Sustentável (PAS), rede multidisciplinar vinculada ao Programa Redes Pró-Centro Oeste (CNPq) pelo fornecimento dos extratos vegetais e da carne.

Ao financiamento fornecido pelo CAPES/CNPq, o qual possibilitou a execução deste projeto e permitiu que eu me dedicasse exclusivamente à pesquisa e à escrita dessa dissertação.

ÍNDICE

Capítulos e Sub-Capítulos

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTRA DE GRÁFICOS	xv
CAPÍTULO 1 - Potencial antioxidante de plantas do Cerrado	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA	2
3 OBJETIVOS	3
4 REVISÃO DE LITERATURA	4
4.1 Lipídios	4
4.1.1 Lipídios em tecidos biológicos	6
4.1.1.1 Lipídios na carne de frango	8
4.2 Oxidação	8
4.2.1 Radicais Livres	9
4.2.2 Peroxidação Lipídica	9
4.2.3 Efeito sobre a qualidade da carne	11
4.3 Antioxidantes	12
4.3.1 Antioxidantes Sintéticos	14
4.3.2 Antioxidantes Naturais	15
4.3.2.1 Tocoferóis	15
4.3.2.2 Compostos Fenólicos	16
4.3.2.3 Barbatimão	18
4.3.2.4 Pacari	19
4.3.2.5 Sucupira	20
4.3.2.6 Copaíba	21
4.3.3 Utilização dos antioxidantes naturais	22
CAPÍTULO 2 – Capacidade antioxidante dos extratos alcoólicos de barbatimão (<i>Stryphnodendron adstringens</i>) e pacari (<i>Lafoensia pacari</i>) fornecidos na dieta sobre a qualidade física e estabilidade da carne de frango	24
1 RESUMO	24
2 ABSTRACT	26
3 INTRODUÇÃO	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Extratos Alcoólicos de Pacari e Barbatimão	30
4.2 Experimento de Campo	30
4.3 Experimentos Laboratoriais	32
4.3.1 Amostras de Carne	32
4.3.2 Composição Bromatológica	32
4.3.3 Avaliações de Qualidade da Carne	33
4.3.3.1 pH e Cor	33
4.3.3.2 Avaliação da Maciez	33

4.3.3.3 Oxidação Lipídica	34
4.4 Análise Estatística	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Análise Bromatológica	36
5.2 Qualidade Física	38
5.3 Oxidação Lipídica	41
6 CONCLUSÕES	45
7 AGRADECIMENTOS	46
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO 3 – Atividade antioxidante da suplementação dos óleos de Copaíba e Sucupira na dieta de frangos de corte sobre a qualidade física e estabilidade da carne do peito, coxa e sobrecoxa	52
1 RESUMO	52
2 ABSTRACT	54
3 INTRODUÇÃO	56
4 MATERIAL E MÉTODOS	58
4.1 Óleos de Sucupira e Copaíba	58
4.2 Experimento de Campo	58
4.3 Experimentos Laboratoriais	60
4.3.1 Amostras de Carne	60
4.3.2 Composição Bromatológica	60
4.3.3 Avaliações de Qualidade da Carne	61
4.3.3.1 pH e Cor	61
4.3.3.2 Avaliação da Maciez	61
4.3.3.3 Oxidação Lipídica	62
4.4 Análise Estatística	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1 Análise Bromatológica	64
5.2 Qualidade Física	66
5.3 Oxidação Lipídica	69
6 CONCLUSÕES	73
7 AGRADECIMENTOS	74
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
CAPÍTULO 4 – Considerações Finais	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

RESUMO

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BIOPRODUTOS DO CERRADO: ESTABILIDADE OXIDATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

ALUNO: Cristiane Bovi de Lima¹

ORIENTADOR: Dr^a. Aline Mondini Calil Racanicci¹

¹ – Universidade de Brasília - UNB

Foram conduzidos 2 experimentos avaliando a estabilidade oxidativa e a qualidade física da carne de frangos suplementados dieteticamente com 4 extratos de plantas do Cerrado. Cada experimento utilizou 350 frangos que receberam rações com os extratos de barbatimão (BAR) e pacari (PAC), experimento 1; e sucupira (SUC) e copaíba (COP), experimento 2. Cada extrato foi fornecido em 3 dosagens 200, 400 e 600 ppm (experimento 1); e 500, 900 e 1300 ppm (experimento 2) e comparado a um tratamento controle negativo (CONT), sem adição de extratos. Ao final dos experimentos de campo, 10 animais de cada tratamento foram abatidos e as carnes do peito e da coxa e sobrecoxa foram coletadas e mantidas refrigeradas por 24 horas. Decorrido esse tempo, parte da carne de cada tratamento foi embalada à vácuo e congelada, e outra parte foi utilizada para avaliação da composição centesimal, pH e cor e, adicionalmente para o peito, perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (CIS). As carnes congeladas foram utilizadas para a confecção de almôndegas pré-cozidas para a análise de estabilidade oxidativa durante armazenamento refrigerado. Para essa análise foram avaliados separadamente as carnes do peito e do complexo coxa e sobrecoxa para cada um dos experimentos, totalizando 4 ensaios, nos quais foram determinados periodicamente a concentração de TBARS (Thiobarbituric reactive substances). Os resultados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS. No experimento 1, para a carne do peito, os tratamentos com BAR e PAC reduziram ($P < 0,05$) umidade (UM) e lipídios totais (LPT) em

comparação ao CONT, enquanto o oposto ocorreu para proteína bruta (PB). Para a carne da coxa e sobrecoxa, BAR e PAC elevaram ($P<0,05$) a PB e matéria mineral (MM) em comparação ao CONT. A adição de BAR e PAC afetou ($P<0,05$) as médias de L^* , b^* , PPC e CIS. Para a carne do complexo coxa-sobrecoxa, somente PAC200 apresentou diferença de CONT, pois elevou ($P<0,05$) os valores de L^* e b^* . Com relação a carne do peito do experimento 2, a adição de SUC e COP provocou um aumento ($P<0,05$) na UM e PB comparados ao CONT, exceto para SUC500 e SUC900; e uma redução nas médias de LPT e de MM comparados ao CONT, exceto para SUC500, COP900 e COP1300. Para a carne da coxa e sobrecoxa, SUC e COP aumentaram ($P<0,05$) a UM em comparação ao CONT. Para a qualidade da carne do peito, SUC e COP reduziram ($P<0,05$) PPC e para a carne da coxa e sobrecoxa, somente L^* apresentou diferença estatística. Para a análise de oxidação lipídica para a carne do peito e do complexo coxa-sobrecoxa dos 2 experimentos, nenhum dos extratos foi eficiente na proteção dos lipídios da carne do peito, coxa e sobrecoxa quando comparados a seus respectivos CONT.

Palavras-chave: antioxidante natural, coxa e sobrecoxa, peito, plantas brasileiras, TBARS.

ABSTRACT

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CERRADO'S BYPRODUCTS: OXIDATIVE STABILITY AND CHICKEN MEAT QUALITY

GRADUATE STUDENT: Cristiane Bovi de Lima¹

COUNSELOR: PhD Aline Mondini Calil Racanicci¹

¹ – Universidade de Brasília - UNB

The objective of this study was to evaluate oxidative stability and physical quality of chicken breast and thigh meat. In two experiments, with 350 broilers each, animals were fed diets supplemented with 4 plant extracts from Cerrado biome, barbatimão (BAR) and pacari (PAC) were used in experiment 1 and sucupira (SUC) and copaiba (COP) in experiment 2. Extracts were used in 3 dosages: 200, 400 and 600 ppm for experiment 1; and 500, 900 and 1300 ppm for experiment 2. Each experiment had a negative control treatment (CONT), without plant extracts. At the end of each field experiment, 10 birds per treatment were slaughtered, breast and thigh meat were collected and chilled at 4°C for 24 hours. After this time, a part of the meat was vacuum-packaged and stored frozen and the other part was used to evaluate centesimal composition, pH and color and additionally cooking weight loss (PPC) and shear force (CIS) for breast meat. The previously frozen meat was used to make precooked meatballs for oxidative stability studies during four refrigerated storage trials. Periodically, TBARS (Thiobarbituric reactive substances) concentration was determined in quadruplicate in each sample. Results were analyzed with SAS statistical software. For breast meat (exp. 1), treatments with BAR and PAC reduced ($p < 0.05$) humidity (UM) and total lipid (LPT) in comparison to CONT, meanwhile the opposite happened for crude protein (PB). For thigh meat, BAR and PAC increased ($p < 0.05$) PB and mineral matter (MM) in comparison to CONT. Inclusion of BAR and PAC affected ($p < 0.05$) L^* and b^* values. For breast meat (exp.

2), the inclusion of SUC and COP increased ($p < 0.05$) UM and PB in comparison to CONT, except for SUC500 and SUC900; and reduced LPT and MM means compared to CONT, except for SUC500, COP900 and COP1300. For thigh meat, SUC and COP increased ($p < 0.05$) UM compared to CONT. Analyzing breast meat, SUC and COP reduced ($p < 0.05$) PPC and for thigh meat only variable L^* was affected ($p < 0.05$) by extract supplementation. None of the dietary extracts supplementation for both experiments was effective on reducing lipid oxidation in breast and thigh meat according to results.

Keywords: Brazilian plants, breast meat, dark meat, natural antioxidant, TBARS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPITULO 1:

Figura 1.1	Justaposição de ácidos graxos em agregados estáveis	5
Figura 1.2	Membrana Celular	5
Figura 1.3	As principais classes de lipídios de armazenamento e de membranas	6
Figura 1.4	Etapas da Oxidação Lipídica	9
Figura 1.5	Fórmula estrutural do BHT	13
Figura 1.6	Fórmula estrutural do BHA	13
Figura 1.7	Fórmula estrutural do Etoxiquin	14
Figura 1.8	Fórmula estrutural do α -Tocoferol	15
Figura 1.9	Fórmula estrutural dos compostos fenólicos carnosol, ácido carnosínico, rosmanol, ácido rosmarínico, carvacrol e timol	17
Figura 1.10	Barbatimão (<i>Stryphnodendron adstringens</i>)	18
Figura 1.11	Pacari (<i>Lafoensia Pacari</i>)	19
Figura 1.12	Sucupira (<i>Pterodon emarginatus</i>)	20
Figura 1.13	Copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>)	21

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 2:

- Tabela 2.1** Composição percentual e nutricional das rações experimentais basais26
- Tabela 2.2** Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne do peito apresentados em porcentagem (%) da matéria natural (MN)30
- Tabela 2.3** Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne da coxa e sobrecoxa, apresentados em porcentagem (%) da matéria natural (MN)31
- Tabela 2.4** Valores médios de pH, cor (L*, a*, b*), perda de peso por cocção (PPC) e cisalhamento (CIS) e respectivos desvios-padrão em amostras de peito de frangos alimentados com dietas contendo extratos de barbatimão e pacari32
- Tabela 2.5** Valores médios de pH e cor (L*, a*, b*) e respectivos desvios-padrão em amostras de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari na dieta34

CAPITULO 3:

- Tabela 3.1** Composição percentual e nutricional das rações experimentais basais48
- Tabela 3.2** Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne do peito apresentados em porcentagem (%) de matéria natural (MN)52
- Tabela 3.3** Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne da coxa e sobrecoxa apresentados em porcentagem (%) de matéria natural (MN)53
- Tabela 3.4** Valores médios de pH, cor (L*, a*, b*), perda de peso por cozimento (PPC) e cisalhamento (CIS) e respectivos desvios-padrão em amostras de peito de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba55
- Tabela 3.5** Valores médios de pH, cor (L*, a*, b*) e respectivos desvios-padrão em amostras de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba56

LISTA DE GRÁFICOS

CAPITULO 2:

Gráfico 2.1 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne do peito de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias)35

Gráfico 2.2 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne da coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias)37

CAPITULO 3:

Gráfico 3.1 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne de peito de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias)57

Gráfico 3.2 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias)59

CAPÍTULO 1

Potencial antioxidante de plantas do Cerrado

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é um importante elo na cadeia produtiva de carnes do Brasil e do mundo, uma vez que proporciona ao nosso país a posição de terceiro maior produtor e o maior exportador mundial de carnes (UBABEF, 2011). O Brasil é um dos países mais competitivos no mercado mundial produtor de frango devido à sua preocupação com melhoramento genético, controle sanitário, ambiência e nutrição, sendo essa última um dos fatores mais importantes na avicultura, representando 70% dos gastos de produção. Portanto, muitos estudos são realizados visando diminuir os custos da alimentação, e ao mesmo tempo aumentar a sua eficiência. Dessa forma, na busca por estes resultados utilizam-se aditivos na ração com o objetivo de melhorar o desempenho das aves.

Atualmente, é crescente a preocupação no que se refere à qualidade da carne e de outros produtos alimentícios. Os consumidores normalmente preferem alimentos que contenham o mínimo de aditivos sintéticos devido aos frequentes questionamentos quanto à segurança alimentar. Conseqüentemente, muitos estudos avaliando a aplicação de antioxidantes naturais na preservação de alimentos têm sido conduzidos, seja através da simples adição durante o preparo ou da suplementação na dieta dos animais, que vem provando ser muito eficiente.

A oxidação lipídica é um dos mais importantes processos de degradação da qualidade e do conteúdo nutricional dos alimentos, particularmente da carne e dos produtos cárneos, além de afetar a aceitabilidade por parte do consumidor. O estudo da utilização dos

antioxidantes, sejam eles naturais ou sintéticos, é extremamente importante para a produção e conservação das matérias-primas e de alimentos processados para animais e humanos. Contudo, a substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais vem acontecendo continuamente devido, principalmente, às exigências do mercado de alimentos. Isso porque a utilização dos antioxidantes naturais vai além da preservação dos alimentos, pois atualmente há uma grande preocupação em fornecer antioxidantes *in vivo* através da dieta para que estes ajudem a melhorar o status antioxidante, além de melhorar também a qualidade da carne.

1.1 Problemática e Relevância

Há séculos faz-se uso de substâncias para melhorar a qualidade do alimento pela desaceleração da oxidação, mesmo que não se conheça ainda o mecanismo de ação destes compostos. O primeiro relato de uso de antioxidantes para retardar a oxidação lipídica ocorreu em 1843 e as substâncias utilizadas para esse fim eram de origem natural. A partir da década de 20 começou-se a pesquisar e utilizar compostos sintéticos como substitutos aos naturais (Wanasundara & Shahidi, 2005). Porém nas últimas décadas o interesse pelos compostos naturais foi reacendido, pois os compostos sintéticos passaram a ter uso controlado e rigoroso devido a informações que surgiram relatando a toxicidade dos compostos sintéticos e seus efeitos deletérios à saúde humana (EU, 2012). Logo, existe uma demanda por possíveis substituintes naturais que apresentem eficácia comprovada. Neste sentido, buscam-se alternativas naturais e sustentáveis para o meio ambiente que possibilitem essa substituição.

Levando em consideração o grande interesse na utilização de aditivos fitogênicos ou bioprodutos derivados de plantas que visam melhorar o desempenho animal ou a qualidade da carne, em substituição aos produtos sintéticos, este trabalho teve como objetivo estudar algumas fontes brasileiras de antioxidantes naturais.

Sendo assim, este estudo teve como enfoque a exploração das propriedades antioxidantes de quatro plantas originárias da região Centro-Oeste, do bioma cerrado, e que podem também auxiliar na produção sustentável desta região, promovendo o desenvolvimento da avicultura regional. As plantas escolhidas foram: barbatimão, pacari, sucupira e copaíba.

1.2 Objetivo

Avaliar a capacidade antioxidante de quatro extratos de plantas do cerrado, barbatimão, pacari, sucupira e copaíba, fornecidos nas dietas das aves sobre a estabilidade oxidativa e qualidade da carne de frango.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Lipídios

Os lipídios são a principal fonte energética para os animais de interesse zootécnico, pois possuem o maior teor calórico entre todos os nutrientes. Os átomos de carbono presentes na estrutura dos ácidos graxos são mais reduzidos do que os mesmos átomos encontrados na molécula de açúcar; portanto, a oxidação dos triglicerídeos libera duas vezes mais energia que os carboidratos (Nelson & Cox, 2008).

De acordo com Belitz & Grosch (1999), o termo lipídios é uma denominação genérica que inclui uma grande variedade de nutrientes que são compostos, na sua maioria, por ácidos graxos. Esses são encontrados na forma de ésteres e em menores grupos lipídicos na forma amídica. São formados por unidades estruturais com pronunciada hidrofobia, sendo solúveis apenas em solventes orgânicos não polares.

A classificação dos lipídios ocorre de acordo com as características do resíduo acila, originando dois grupos, os lipídios simples, não saponificáveis, e os acil-lipídios, saponificáveis. O segundo grupo é composto principalmente por gliceróis, fosfolipídios e glicolipídios, componentes das membranas biológicas, que cercam as células e as partículas subcelulares, cumprem funções energéticas e de reservas metabólicas, além de formarem hormônios e sais biliares (Gordon, 2001; Coelho & Moreira, 2001).

Os lipídios são classificados em três grupos definidos, de acordo com sua estrutura, estes grupos são: lipídios simples ou neutros, lipídios complexos e lipídios derivados (O'Keefe, 2002; Perkins, 1993).

A classe simples é formada por ésteres de ácidos graxos e alguns álcoois, principalmente glicerol e colesterol. Essa classe pode ser dividida em três grupos, triglicerídeos, esteróides e ceras. Os triglicerídeos são formados por uma molécula de glicerol esterificada com três ácidos graxos e representa mais de 90% da gordura presente nas rações animais. Os esteróides são lipídios que não podem ser saponificados e o colesterol é o principal esteroide encontrado no tecido animal. As ceras são compostos sem valor nutricional, formados por ésteres de ácidos graxos com álcoois de cadeia longa. Funcionam como uma camada protetora para folhas, galhos, insetos, pele, penas, pêlos e servem de estrutura para as colméias (Ferreira, 1999; O'Keefe, 2002).

Os lipídios complexos são ésteres de glicerol que contêm dois ácidos graxos e outro grupo químico como colina ou serina. Os grupos mais importantes são os fosfolípidios, que contêm fosfato em sua estrutura, enquanto os glicolipídios tem um carboidrato substituindo um ácido graxo e lipoproteínas, que são a principal forma de transporte dos lipídios pelo sangue (Ferreira, 1999; O'Keefe, 2002).

A classe dos derivados inclui substâncias com ácidos graxos, glicerol e outros álcoois que derivam dos lipídios simples e complexos após a hidrólise (Ferreira, 1999).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de comprimento entre 4 e 36 carbonos. Na maioria dos ácidos graxos, a cadeia pode ser totalmente saturada (não contém duplas ligações) e não-ramificada, ou a cadeia pode conter uma ou mais duplas ligações. O comprimento e o grau de insaturação da cadeia de hidrocarboneto são as principais características que podem afetar as propriedades físicas dos ácidos graxos e dos compostos que os contêm (Nelson & Cox, 2008).

Pontos de fusão também são intensamente afetados pelo comprimento e pelo grau de insaturação da cadeia. Em temperatura ambiente (25°), os ácidos graxos saturados com 12 a 24 carbonos tem consistência cerosa, enquanto os ácidos graxos insaturados do mesmo comprimento são líquidos oleosos. Essas diferenças nos pontos de fusão são devidas a diferentes graus de empacotamento das moléculas de ácido graxo (Berg et al. , 2011).

Nos compostos completamente saturados, a livre rotação em torno de cada ligação carbono-carbono proporciona grande flexibilidade à cadeia de hidrocarboneto (Fig. 1). Nos ácidos graxos insaturados, uma dupla ligação em cis provoca curvatura na cadeia e os ácidos graxos com uma ou mais dessas curvaturas não podem se agrupar de forma tão compacta como os ácidos graxos totalmente saturados (Fig. 1); e as interações entre eles são conseqüentemente mais fracas, pois se gasta menos energia térmica para quebrar esses arranjos fracamente ordenados (Nelson & Cox, 2008). Logo, a presença de insaturações na

cadeia hidrocarbonada torna os ácidos graxos importantes substratos para deterioração oxidativa e quanto maior o número de insaturações na cadeia, mais suscetível a molécula está à oxidação (Gordon, 2001).

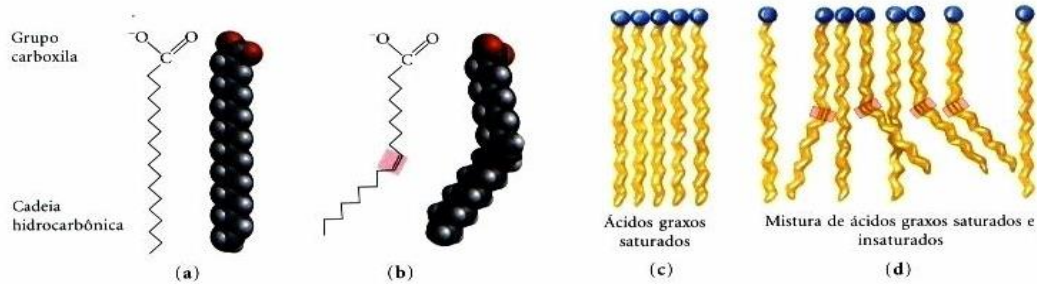


Figura 1.1 Justaposição de ácidos graxos em agregados estáveis. A extensão do empacotamento depende do grau de saturação. (a) Duas representações do ácido esteárico completamente saturado, cada linha em ziguezague representa uma ligação simples entre carbonos adjacentes. (b) Dupla ligação *cis* (sombreada em vermelho) no ácido oleico não permite rotação e introduz uma curvatura rígida na cadeia hidrocarbônica. (c) Ácidos graxos totalmente saturados, na forma estendida, ajustam-se em arranjos quase cristalinos estabilizados por muitas interações hidrofóbicas. (d) A presença de uma ou mais ligações *cis* interfere no empacotamento rígido e como resultado, os agregados são menos estáveis (Nelson & Cox, 2008).

2.1.1 Lipídios em tecidos biológicos

De acordo com Alberts et al. (2007), a membrana celular forma uma camada com aproximadamente 5 a 10 nanômetros (nm) de espessura, constituída por lipídios (fosfolipídios, glicolipídios e colesterol) e proteínas integrais e de membrana conectadas por ligações covalentes (Figura 2). Enquanto as proteínas são responsáveis pela maioria das funções da membrana celular, a bicamada lipídica tem função estrutural das membranas biológicas e, na maior parte dos animais, constitui 50% dos componentes da membrana celular. As moléculas lipídicas presentes nas membranas celulares são anfipáticas, possuindo uma porção hidrofílica (polar) e outra hidrofóbica (apolar).

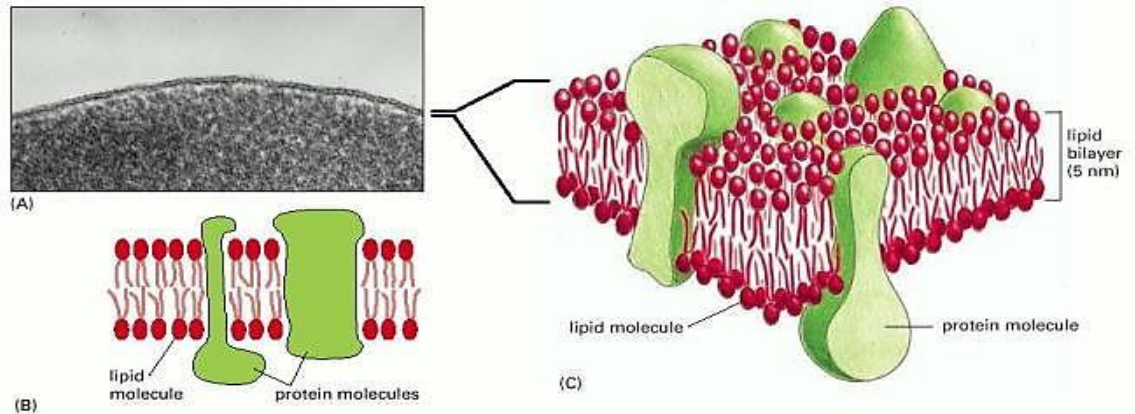


Figura 1.2 Membrana Celular. (A) Microscopia eletrônica de uma membrana celular (hemácia humana) vista em corte transversal. (B e C) Desenhos bi e tri-dimensionais, respectivamente, de uma membrana celular (Alberts et al., 2007).

O lipídio de membrana mais comum é o fosfolipídio. Ele possui uma porção (cabeça) polar e duas caudas hidrofóbicas hidrocarbônicas. Nas células animais, bacterianas e vegetais, as caudas são geralmente formadas por ácidos graxos, que podem diferir em comprimento, contendo entre 14 a 24 carbonos (Figura 3). Uma das caudas é geralmente insaturada, com uma ou mais ligações duplas do tipo cis, enquanto a outra cauda não possui insaturações. O número de insaturações presentes na membrana celular varia de acordo com a espécie e afeta a fluidez da membrana (Alberts et al., 2007). Os glicolipídios e as glicoproteínas são formados pela ligação dos carboidratos à superfície externa dos lipídios e das proteínas respectivamente. A camada resultante de carboidratos na superfície da membrana externa constitui o glicocálice, que desempenha importantes funções na célula (Coelho & Moreira, 2001).

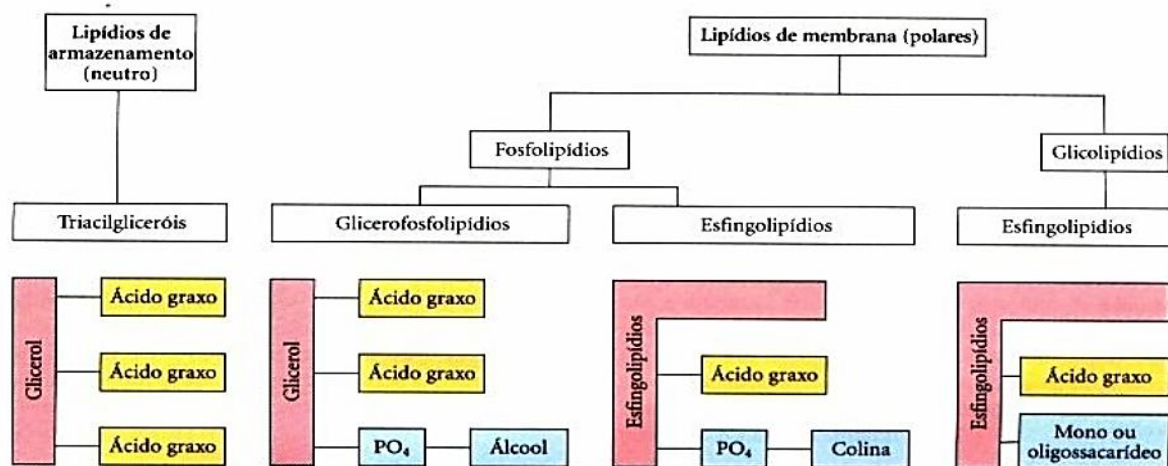


Figura 1.3 As principais classes de lipídios de armazenamento e de membranas (Lehninger et al., 2000).

2.1.1.1 Lipídios na carne de frango

Os ácidos graxos presentes na dieta, quando armazenados no organismo, são distribuídos entre os lipídios neutros ou entre os fosfolipídios na musculatura animal. Os fosfolipídios, constituintes essenciais da membrana celular, mantêm-se em quantidade praticamente constantes sofrendo pequenos aumentos quando há ganho de peso dos animais. No frango de corte, a carne do peito possui um maior teor de lipídios localizados nos fosfolipídios, enquanto a carne da coxa e sobrecoxa possui um maior teor de triacilgliceróis, um tipo de lipídio neutro, que irá acumular-se em adipócitos. O número destes aumenta de acordo com o ganho de peso dos animais e eles estão localizados no perimísio (Wood et al., 2003; Gonzalez-Esquerria & Leeson, 2001).

O perfil de ácidos graxos da carne de frango está diretamente relacionado ao conteúdo, composição e qualidade dos lipídios da dieta. A ingestão de ácidos graxos poliinsaturados (AGP), presentes na dieta, é refletida no perfil lipídico da carne de frango, que tem uma tendência em armazenar ácidos graxos nos fosfolipídios de membrana. Essa relação entre ingestão e deposição na musculatura está ligada a um mecanismo de dose-resposta que possui comportamento variável e depende do ácido graxo envolvido (Newman et al., 2002; Bourre, 2005).

A presença de gorduras poli-insaturadas na carne, assim como algumas operações de processamento comuns na indústria, tais como a diminuição no tamanho das partículas, o cozimento e a adição de sal, tornam a carne mais susceptível à degradação, promovendo a oxidação. Este processo leva ao estresse oxidativo, com perda do balanço oxidativo entre pró-antioxidantes e antioxidantes, provocando rápido desenvolvimento da rancidez oxidativa (Araújo, 2007).

2.2 Oxidação

A oxidação é um conjunto de reações físico-químicas, que podem ser potencializadas pela ação microbiológica. Trata-se de um processo generalizado, que afeta lipídios, pigmentos, proteínas, DNA, carboidratos e vitaminas (Kanner, 1994). Ela ocorre pela ação em cadeia, geralmente iniciada pelos radicais livres e pela sua interação com o oxigênio.

2.2.1 Radicais livres

Radicaís livres são produtos do metabolismo celular que possuem um ou mais elétrons desemparelhados ocupando um orbital atômico ou molecular e tornando-o instável. Essa molécula é altamente reativa e com uma capacidade de recombinar-se com moléculas integrantes da estrutura celular (Roberfroid & Calderon, 1995).

Os radicaís livres podem ser gerados no interior citoplasmático, nas mitocôndrias ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (Anderson, 1996; Yu & Anderson, 1997). O organismo animal é constantemente atacado por radicaís livres, como consequência das atividades metabólicas fisiológicas do corpo e também por causa do mecanismo de defesa do sistema imune contra a ação de microorganismos patogênicos. Os radicaís livres tem importante função no metabolismo celular devido a sua participação na reação de peroxidação lipídica (Surai, 2002).

2.2.2 Peroxidação lipídica

A oxidação lipídica é uma reação em cadeia que ocorre em três etapas: iniciação, propagação e terminação. A iniciação da peroxidação lipídica começa pela ação de qualquer elemento que, com reatividade suficiente, retira um átomo de hidrogênio de um grupo metil da molécula lipídica, formando um radical livre. As diferenças na taxa de iniciação da peroxidação lipídica estão relacionadas a energia de dissociação das ligações entre as moléculas de carbono e hidrogênio nas cadeias de ácido graxo. Conforme observado na Figura 4, a retirada da molécula de hidrogênio da cadeia lipídica deixa um elétron desemparelhado no carbono central da cadeia. Este radical carbono será estabilizado por rearranjo molecular e, num ambiente aeróbico, deverá reagir com as moléculas de oxigênio, formando um radical peróxido (Min & Ahn, 2005).

Na etapa de propagação, o peróxido formado extrai um átomo de hidrogênio de outra molécula lipídica ou de um ácido graxo adjacente para formar um hidroperóxido lipídico e formando um novo radical livre e propagando a reação em cadeia (Surai, 2002).

A última etapa da peroxidação lipídica, a terminação, ocorre quando os peróxidos formados reagem uns com os outros para originar produtos secundários da peroxidação (Silva et al., 1999).

O oxigênio é o principal fator responsável pelo desenvolvimento da peroxidação. O oxigênio atmosférico é pouco reativo, mas ele pode ser convertido à espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxil ($\cdot OH$), ânion superóxido ($O_2\cdot^-$), radical hidroperoxido ($HO_2\cdot$), radical peróxido lipídico ($LOO\cdot$), radical alcoxi ($LO\cdot$), oxigênio “singlet” (1O_2) e complexo ferro-oxigênio (radical ferri e periferri). Estes podem participar direta ou indiretamente no processo de peroxidação (Ahn et al., 1993).

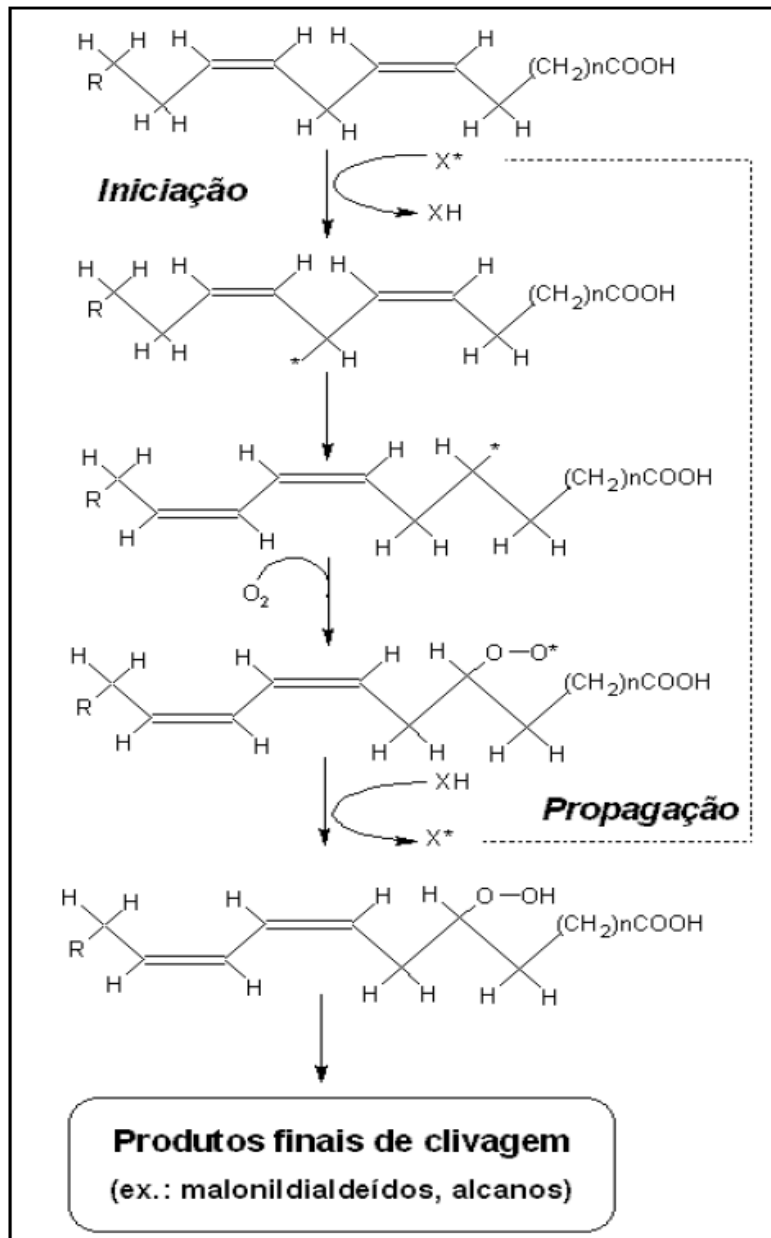


Figura 1.4 Etapas da Oxidação Lipídica (Racanucci, 2004).

Os compostos secundários da oxidação formam uma gama de compostos voláteis e não voláteis, como os aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonos e furanos que causam o sabor característico de ranço no alimento. Entre os compostos voláteis, os aldeídos são encontrados em abundância e provocam alterações de cor e sabor na carne (Lynch & Faustman, 2000). Estes compostos, de forma geral, promovem alterações sensoriais, como também destruição de constituintes essenciais, ocasionando o decréscimo do valor nutricional e a formação de compostos tóxicos durante o processamento e o armazenamento do alimento (Melo & Guerra, 2002).

A oxidação lipídica depende de diversos mecanismos complexos que estão relacionados com o meio e a estrutura do lipídio, com o número e a natureza das insaturações presentes, com o tipo de interface entre os lipídios e o oxigênio, com a exposição à luz e ao calor e com a presença de pró-oxidantes ou de antioxidantes. Estes fatores são determinantes para a estabilidade oxidativa dos lipídios (Frankel et al., 1994; Berset & Cuvelier, 1996).

2.2.3 Efeito sobre a qualidade da carne

A peroxidação lipídica na carne provavelmente começa imediatamente após o abate. As mudanças bioquímicas que ocorrem durante a conversão de músculo para carne destroem o balanço entre as substâncias pró-oxidantes e antioxidantes. A taxa em que a peroxidação ocorre e sua extensão dependem do grau de dano ao tecido muscular durante o pré-abate, provocados por estresse e dano físico ao animal, e por danos pós abate, provocados pelo manuseio, processamento, armazenamento e cozimento da carne (Morrisey et al., 1998) .

Vários outros fatores podem influenciar a taxa de peroxidação lipídica na carne e em produtos cárneos: composição da carne crua, cozimento, aquecimento, diminuição do tamanho da partícula da carne, desossa, especialmente a desossa mecânica, aditivos como sal, nitrito, condimentos e antioxidantes, disponibilidade de oxigênio e armazenamento prolongado (Kanner, 1994).

Estudos demonstram que os fosfolipídios tem um importante papel no desenvolvimento da peroxidação lipídica da carne. Esses lipídios são os principais precursores dos produtos da oxidação lipídica, formando aproximadamente 90% dos malonaldeídos que podem ser mensurados no teor de lipídios totais da carne de frango. Por fazer parte da membrana celular, os fosfolipídios estão expostos as proteínas e outros catalisadores da

oxidação, como os metais e, devido ao alto teor de insaturações na cadeia dos ácidos graxos que compõem esses lipídios polares, eles estão relacionados ao desenvolvimento da rancidez (Ventanas et al., 2007; Pikul et al. 1984) .

Na tentativa de se preservar das injúrias provocadas nas células pela oxidação, estas utilizam compostos chamados antioxidantes que agem interrompendo a cadeia oxidativa e interceptando os radicais livres. Desta forma, são evitadas a formação de lesões e a perda da integridade celular (Salazar et. al, 2006).

2.3 Antioxidantes

Os antioxidantes são mensageiros químicos que protegem as membranas da ação do estresse oxidativo, que provoca extensos danos à imunidade e integridade celular. As células, ricas em ácidos graxos poli-insaturados, são muito suscetíveis ao ataque dos radicais livres. Neste aspecto, os antioxidantes como a vitamina E, por exemplo, agem aumentando a resistência da membrana contra quebras de neutrófilos ativados (Traber & Atkinson, 2007; Numakawa et al., 2006). A peroxidação lipídica pode modificar a estrutura da membrana e suas propriedades, o que afetaria a função imune das células. Em contraste, os antioxidantes são capazes de prevenir os prejuízos causados pelo estresse oxidativo (Surai, 2002).

Os antioxidantes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, enzimas, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Eles agem suprimindo a formação dos radicais livres e conseqüentemente reduzem a taxa de oxidação. Os antioxidantes agem ligando-se aos radicais livres interrompendo a propagação da oxidação e formando um radical pouco reativo que não interage com os lipídeos (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Os antioxidantes biológicos trabalham em conjunto com o objetivo de prevenir os efeitos nocivos dos radicais livres e de seus metabólitos tóxicos. Cada antioxidante atua de forma específica e estão localizados em partes distintas da célula para que tenham maior eficiência. Eles agem de forma coordenada e a deficiência em um componente terá impacto na eficácia do restante, é o que acontece com no sinergismo verificado entre as vitaminas E e C, impedindo o processo de autooxidação (Gitto et al., 2001; Sato et al., 1990).

Porém, quando o sistema encontra-se em condições de estresse e há um aumento drástico na produção de radicais livres, dificilmente o organismo conseguirá controlar o processo de oxidação sem a suplementação de compostos antioxidantes exógenos. Logo, a suplementação de antioxidantes na dieta se faz necessária (Surai et al., 2007).

Os antioxidantes agem protegendo os sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de espécies reativas ao oxigênio, com diversos alvos celulares (Pereira, 2009). Seu uso deve ser compatível com o substrato, não conferir odor ou sabor estranhos ao produto, ser estável ao processamento e armazenamento, deve ser facilmente incorporado ao alimento e o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos (Melo & Guerra, 2002).

Os antioxidantes podem ser classificados pelo tipo ou pelo mecanismo de ação. Eles podem ser sintéticos ou naturais e, de acordo com seu mecanismo de ação, podem ser primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos e agentes quelantes.

Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação, eles agem doando um átomo de hidrogênio, inativando o radical livre e formando um radical inerte. Seus principais representantes são o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG), que são sintéticos, e tocoferóis, que são naturais (Fukumoto & Mazza, 2000).

Os sinergistas são substâncias com pouca ou nenhuma atividade antioxidante, que podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando combinados adequadamente, como por exemplo, a interação positiva entre o ácido ascórbico e o α -tocoferol (Yeum et al., 2009).

Os removedores de oxigênio são compostos que capturam o oxigênio do meio tornando-o indisponível para a propagação da oxidação, o ácido ascórbico, e seus derivados são representantes deste grupo (Choe & Min, 2009).

Os antioxidantes biológicos também atuam removendo o oxigênio e compostos altamente reativos do sistema, são representados pelas enzimas glicose oxidase, superóxido dismutase e catalases (Iqbal et al., 2002).

Os quelantes agem complexando íons metálicos, como cobre, ferro e zinco que catalisam a oxidação lipídica, os mais comuns são o ácido cítrico e seus derivados e sais do ácido etileno diamino tetra acético (EDTA), segundo Yanishlieva-Maslarova (2001a).

2.3.1 Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos são comumente utilizados pela indústria para prevenção da oxidação lipídica em produtos alimentícios (Martinez-Tome et al., 2001). Na indústria avícola, são comumente utilizados os antioxidantes sintéticos BHT, etoxiquin e BHA para preservação de componentes das rações animais. Seu emprego, visando o aumento do prazo de validade dos componentes das rações, é frequente devido ao seu baixo custo, estabilidade e eficácia. Porém, nas últimas duas décadas têm se levantado suspeitas com relação a inocuidade dos antioxidantes sintéticos (Pokorný, 1991).

O BHT é um antioxidante sintético com fórmula $C_{15}H_{24}O$ (Figura 5). Ele é um sólido cristalino e insolúvel em água. Seu uso é autorizado para adição a óleos e gordura que passam por processamento térmico, sendo o limite máximo de uso permitido controlado, pois existem relatos de toxicidade hepática e cancerígena relacionadas à exposição contínua (EU, 2012; Kahl & Kappus, 1993).

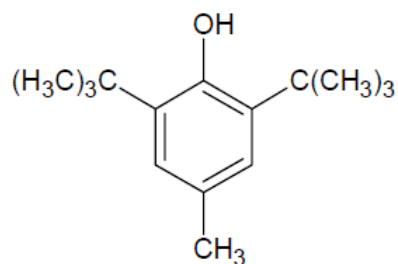


Figura 1.5 Fórmula estrutural do BHT (EU, 2012).

O BHA é um antioxidante formado por 90% de uma mistura de isômeros 2 e 3 do terciário-butil-4-metoxifenol (Figura 6). É uma substância sólida, cristalina, de cor branco-amarelada e resistente a altas temperaturas durante o processamento. É muito utilizado em combinação com o BHT devido ao efeito sinérgico entre eles (Baruffaldi & Oliveira, 1998).

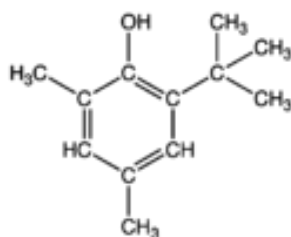


Figura 1.6 Fórmula estrutural do BHA (ARAÚJO, 2004).

O Etoxiquin (Figura 7) é um antioxidante líquido, de coloração amarelo-amarronzada, não solúvel em água, comumente adicionado a óleos e gorduras e também adicionado a ração com intuito de proteger os carotenóides (Wanasundara & Shahidi, 2005).

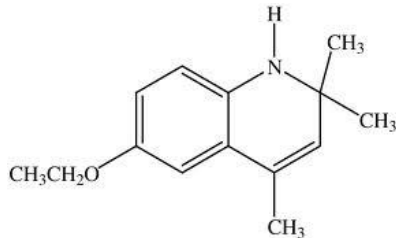


Figura 1.7 Fórmula estrutural do Etoxiquin (Wanasundara & Shahidi, 2005).

Por razão dos indícios de toxicidade relacionados ao uso de antioxidantes sintéticos, existe uma tendência em substituí-los por opções naturais que tenham efeito similar, mas que são considerados mais seguros e saudáveis (Valenzuela & Nieto, 1996;).

2.3.2 Antioxidantes naturais

O uso empírico de compostos naturais como antioxidantes é antigo. A aplicação dos condimentos e temperos para a conservação da carne e outros alimentos ricos em gordura deve ter ocorrido em parte pelo reconhecimento do retardamento da rancidez. Os antioxidantes naturais são substâncias que estão presentes e que podem ser extraídos de plantas e tecidos animais, sendo encontrados em praticamente todas as plantas, microorganismos, fungos e tecidos animais. A maior parte dos antioxidantes naturais são compostos fenólicos e eles podem ser divididos em três grupos: os tocoferóis, os flavonóides e os ácidos fenólicos. (Simic, 1981; Pokorný, 1999).

4.3.2.1 Tocoferóis

Os tocoferóis são os mais conhecidos e utilizados, podendo ser classificados em tocoferóis ou tocotrienóis, com 4 isômeros cada (α -, β -, γ - e δ -), totalizando oito isômeros

de tocoferol, porém o mais importante deles é o RRR- α -tocoferol. Eles estão presentes, pelo menos em quantidades ínfimas, em praticamente todos os alimentos. Os tocoferóis agem como antioxidantes ao doarem um átomo de hidrogênio de seu grupo hidroxila para o radical peróxi do lipídio e se estabiliza formando um não radical que pode ser reduzido a dímeros de tocoferol ou a toquinonas (Yanishlieva-Maslarova, 2001b; Frankel, 1996).

O potencial antioxidante dos tocoferóis é dose-dependente e eles são estáveis com relação ao calor. O α -tocoferol funciona como antioxidante in vivo, pois é incorporado à membrana celular e atua na proteção dos ácidos graxos insaturados presentes nos fosfolipídios ou lipoproteínas (Sies & Stahl, 1995).

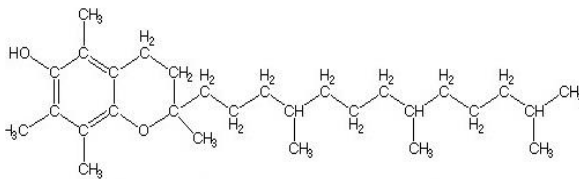


Figura 1.8 Fórmula estrutural do α -Tocoferol (Adaptado - Gotoh et al., 2009).

4.3.2.2 Compostos fenólicos

Os flavonoides são um grupo formado por fenólicos de plantas. A estrutura básica destes compostos é formada por dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia alifática de três carbonos condensada a forma de purina ou de anel furano. O grupo dos flavonoides incluem as flavononas, os flavonóis, as isoflavonas, as flavonas e chalconas, sendo que os dois primeiros podem ser encontrados em praticamente todas as plantas. Os compostos desta classe exercem múltiplas propriedades biológicas, incluindo atividades antimicrobiana, citotóxica, antitumoral, anti-inflamatória e antioxidante (White & Shing, 1997; Saxena et al., 2012).

A ação antioxidante destes compostos está relacionada a estrutura molecular e pode interferir no mecanismo de ação, seja pelo sequestro de radicais livres, sequestro do oxigênio “singlet”, quelagem de metais, ou inibição das enzimas lipoxigenases (Saxena et al., 2012). Porém, os resultados obtidos são controversos e de difícil comparação, pois estes antioxidantes atuam através de diferentes mecanismos de ação. Além disso, as condições nas quais estes mecanismos contribuem para proteção antioxidante não são completamente conhecidas (Andersen et al., 2003).

De acordo com Cuvelier et al. (1992), os ácidos fenólicos são amplamente distribuídos no reino vegetal na forma de ésteres de ácidos orgânicos ou glicosídeos. A estrutura química está diretamente relacionada a atividade antioxidante destes compostos, pois esta é influenciada pelo grau de hidroxilação da cadeia. Seu principal mecanismo de ação é o sequestro de radicais livres, interrompendo o processo de peroxidação.

Os compostos antioxidantes derivados de plantas estão muitas vezes presentes em óleos essenciais, que podem ser produzidos, armazenados e extraídos de diversas partes das plantas, incluindo raízes, cascas, frutos, flores, resina, rizomas e madeira (Máthé, 2009). Os fitogênicos, que são extratos de plantas com possível ação antioxidante, são tipicamente introduzidos na alimentação animal na forma de óleos essenciais ou óleos resina, mas os primeiros são os mais utilizados (Rizzo et al., 2008). O óleo resina é obtido por percolação, com o uso de solventes, e resulta num líquido ou pasta constituída de resina e substâncias químicas e orgânicas, que conferem cor e viscosidade específicas ao extrato. O óleo essencial é um líquido homogêneo formado por várias substâncias químicas e é obtido por destilação (Rizzo et al., 2008).

Os óleos essenciais são formados por vários constituintes químicos, compostos primariamente por carbono, hidrogênio e oxigênio, e os constituintes aromáticos dos óleos essenciais são compostos de cadeias hidrocarbônicas. O precursor básico de muitos óleos essenciais é a molécula isopreno, formadora dos terpenos. Os principais grupos de constituintes encontrados nos óleos essenciais são os alcoóis, aldeídos, ésteres, éteres, cetonas, fenóis e terpenos (Máthé, 2009). O local da planta onde o óleo essencial vai ser sintetizado, armazenado e liberado depende da espécie da planta.

É um fato comumente aceito, que praticamente todas as plantas podem conter certas quantidades de óleos essenciais, mesmo que em quantidades ínfimas. As principais famílias de plantas que contém óleos essenciais que podem ser utilizados como fitogênicos são: *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Apiaceae*, *Araceae*, *Aristolochiaceae*, *Asteraceae*, *Burseraceae*, *Calycanthaceae*, *Cannabaceae*, *Geraniaceae*, *Gramineae*, *Hyperaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Leguminosae*, *Magnoliaceae*, *Myrtaceae*, *Myoporaceae*, *Orchidaceae*, *Pinaceae*, *Piperaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Santalaceae*, *Saururaceae*, *Solanaceae*, *Zingiberaceae* (Máthé, 2009).

Certas plantas, como as da família *Lamiaceae*, são as mais conhecidas por apresentarem compostos com atividade antioxidante, esta baseada em terpenos fenólicos, como os ácidos rosmarínico e rosmarol presentes no alecrim; monoterpenos como o timol e o carvacrol presentes no tomilho e orégano (Cuppet & Hall, 1998), além do carnosol e do ácido

carosínico presentes na sálvia (Madsen & Bertelsen, 1995). Plantas da família das *Zingiberaceae* (ex.: gengibre e cúrcuma) e *Umbelliferae* (ex.: erva-doce e coentro), assim como as plantas ricas em flavonóides (ex.: chá verde e erva-mate) também são descritas com propriedades antioxidantes (Chandra & De Mejia, 2004; Filip et al., 2001; Racanicci et al., 2008).

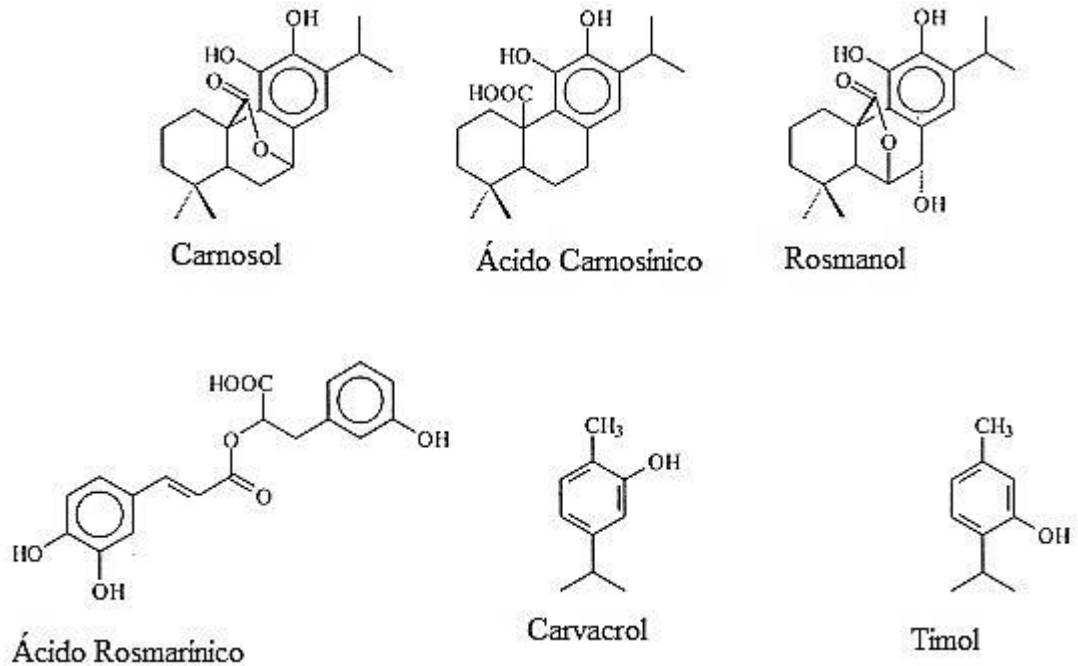


Figura 1.9 Fórmula estrutural dos compostos fenólicos carnosol, ácido carnosínico, rosmanol, ácido rosmarínico, carvacrol e timol (Yanishilieva-Maslasrova, 2001b).

Da mesma forma, plantas nativas brasileiras, especialmente do cerrado, também apresentam elevado potencial de atividade antimicrobiana e antioxidante ainda pouco explorados, como as plantas utilizadas neste estudo: pacari (*Lafoensia pacari*), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.).

4.3.2.3 Barbatimão

Stryphnodendron adstringens pertence a família *Leguminosae* e subclasse (*Mimosoidae*). Conhecido popularmente como barbatimão, barba-de-timão, borãozinho-roxo, uabatinô, casca do Brasil, casca-da-virgindade, casca-da-mocidade, entre outros é uma planta

nativa dos cerrados do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Sua casca é amplamente empregada na medicina caseira para tratar diferentes males, como leucorréia, hemorragias e limpeza de ferimentos devido ao seu alto teor tanino (Lorenzi, 2000).

O barbatimão é uma árvore de quatro a seis metros de altura, casca grossa, rugosa e tronco com diâmetro de aproximadamente 30 centímetros. É considerada uma planta perene, florescendo de outubro a fevereiro e produzindo vagem de outubro a março (Gilbert et al., 2005). Seu fruto amadurece entre julho e setembro (Lorenzi & Matos, 2002).

Os principais constituintes químicos do barbatimão são os taninos, flavonóides, terpenos, esteróides e inibidores de tripsina e protease. Os taninos são o grupo de compostos ativos majoritários aos quais têm sido atribuídos efeitos antioxidantes, cicatrizantes e antimicrobianos (Souza et al., 2007).

Existem três propriedades gerais dos taninos que são responsáveis pela maior parte das atividades farmacológicas destas substâncias: a formação de complexos com íons metálicos (ferro, alumínio, cálcio, cobre, etc), a capacidade de formar complexos com outras moléculas tais como proteínas e polissacarídeos e a atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres (Oliveira & Vanzeler, 2011).



Figura 1.10 Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*).

Fonte: <http://www.arvores.brasil.nom.br/cerrd/barbati.htm>

4.3.2.4 Pacari

A *Lafoensia pacari* é uma planta pertencente à família *Lythraceae*, subclasse *Rosidae* e ordem *Myrtales*. O gênero *Lafoensia* está amplamente distribuído nas regiões

tropicais e subtropicais. É conhecida popularmente por diversos nomes: pacari, louro-de-serra (Santa Catarina), dedaleira-amarela, mangabeira-brava (Mato Grosso), copinho, dedal, dedaleiro (São Paulo), entre outros (Lorenzi, 1992; Mundo & Duarte, 2007).

Estudos realizados por Sólón et. al. (2000) comprovaram a atividade antioxidante do extrato metanólico da casca do caule e também determinaram que o ácido elágico presente na casca da planta e é o principal responsável pela potencial antioxidante do extrato analisado.

Os principais componentes químicos descritos para *L. pacari* pertencem, na sua maioria, a classe dos compostos fenólicos, tais como os taninos, os flavonóides, e o ácido elágico. Além dos compostos fenólicos, outros compostos presentes na planta são saponinas obtidas em extratos da casca do caule e da folha de *L. pacari* (Sólón et al., 2000; Galdino et al., 2009; Sampaio & Leão, 2007).



Figura 1.11 Pacari (*Lafoensia Pacari*).

Fonte: <http://www.area.org.br/arborizacao/8.html>

4.3.2.5 Sucupira

De acordo com Lorenzi & Matos (2002), o gênero *Pterodon*, pertencente a família *Leguminosae*, é composto por cinco espécies nativas brasileiras : *Pterodon abruptus* Benth., *Pterodon apparicioi* Pedersoli, *Pterodon polygalaeflorus* Benth., *Pterodon pubescens* Benth. e *Pterodon emarginatus* Vogel. Esta última é popularmente conhecida

como sucupira-branca ou faveiro e encontra-se distribuída pela região central do país (Goiás, Minas Gerais e São Paulo).

Infusões hidroalcoólicas das sementes da planta são utilizadas na medicina popular por suas propriedades antirreumáticas, analgésicas e anti-inflamatórias. Estudos químicos do gênero *Pterodon* descrevem a presença de compostos alcalóides na casca, isoflavonas e triterpenos na madeira e diterpenos e isoflavonas no óleo extraído da semente. A presença destes compostos fenólicos conferem potencial antioxidante aos extratos destas plantas (Dutra et al., 2008).



Figura 1.12 Sucupira (*Pterodon emarginatus*).

Fonte: <http://ibflorestas.org.br/loja/semente-sucupira-branca.html>.

4.3.2.6 Copaíba

Copaifera langsdorffii é uma árvore que atinge até 35 m de altura, distribui-se desde o nordeste da Argentina até a Venezuela, sendo encontrada em todo território brasileiro. É uma espécie emergente das matas ciliares no Distrito Federal e no Triângulo Mineiro. Aparece comumente em solos bem drenados (Machado, 1990; Leite & Salomão, 1992).

Conhecida popularmente como copaíba, óleo-de-copaíba e pau d'óleo, essa árvore da família *Leguminosae* é uma planta característica das formações de transição do Cerrado. A copaíba oferece uma madeira avermelhada, às vezes porosa, que é utilizada na construção civil em vigas, batentes, cabos de ferramentas, vassouras e outros (LORENZI, 1992). De seu caule extrai-se um óleo, normalmente um óleo-resina, que é utilizado na medicina popular contra numerosas enfermidades devido a suas propriedades anti-inflamatória, analgésica, antiedêmica, antimicrobiana, antibacteriana e insetífuga (Almeida et al., 1998; Veiga Júnior & Pinto, 2002; Miranda et al., 2000).

Os óleos-resinas de copaíba são misturas de sesquiterpenos e diterpenos, sendo os três principais o β -cariofileno, trans- α -bergamotene e β -bisaboleno. Há grande variabilidade entre indivíduos da população na composição e concentração de sesquiterpenos, sendo que, alguns compostos significativamente variaram de acordo com o tipo de solo e o volume extraído por árvore (Herrero-Jáuregui et al., 2011; Veiga Júnior & Pinto, 2002). A presença destes compostos está relacionado a capacidade antioxidante desta planta, que foi eficaz na proteção *in vivo* de ratos submetidos a estresse oxidativo (Paiva et al., 2004).



Figura 1.13 Copaíba (*Copaifera langsdorffii*).

Fonte: <http://www.arvores.brasil.nom.br/new/copaiba/index.htm>

4.3.3 Utilização dos antioxidantes naturais

Com relação às formas de uso, os antioxidantes naturais podem ser aplicados diretamente na carne de frango, sendo que trabalhos comprovaram a eficácia antioxidante de compostos como orégano e sálvia quando aplicados diretamente na carne (Govaris et al., 2005; Fasseas et al., 2007).

A administração dos antioxidantes naturais *in vivo*, pela suplementação dietética dos compostos também é uma forma eficaz de proteger a carne da oxidação lipídica. De acordo com Botsoglou et al. (2002), os antioxidantes serão metabolizados pelo organismo animal e subsequentemente incorporados à musculatura, oferecendo proteção *in vivo*. Alguns trabalhos relatam o efeito da adição do α -tocoferol na dieta, demonstrando um aumento nos

níveis deste composto no músculo quando relacionado a um aumento dele na dieta (Kim et al., 2006; Smet et al., 2008).

CAPITULO 2

Capacidade antioxidante dos extratos alcoólicos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e pacari (*Lafoensia pacari*) fornecidos na dieta sobre a qualidade física e estabilidade da carne de frango

1 RESUMO

Este estudo teve como objetivo determinar a capacidade da suplementação dietética dos extratos barbatimão e pacari em proteger a carne do peito e da coxa e sobrecoxa em relação à composição, pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (CIS) e acúmulo de compostos de ranço. Sete tratamentos, formulados com 2 extratos de plantas, barbatimão (BAR) ou pacari (PAC), fornecidos em 3 concentrações cada (200, 400 e 600 ppm) foram suplementados na dieta de frangos de corte durante 41 dias, juntamente com um controle negativo (CONT). Um total de 70 aves (10 aves de cada tratamento) foram abatidas e coletou-se a carne do peito, da coxa e sobrecoxa. A carne foi embalada e refrigerada a 4°C por 24 horas para, a seguir, serem analisadas quanto à composição, pH, cor (peito, coxa e sobrecoxa), PPC e CIS (peito). As amostras de carne foram então embaladas a vácuo e congeladas por 28 e 43 dias para o peito e coxa e sobrecoxa, respectivamente. Após esse período, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e moídas para produzir almôndegas pré-cozidas, que foram mantidas sob refrigeração (4°C) durante 8 dias. O acúmulo dos compostos de ranço durante o armazenamento foi acompanhado pela determinação periódica da concentração de TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). Os resultados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS. De maneira geral, para a carne do peito, os tratamentos com os extratos reduziram ($P < 0,05$) os teores de umidade (UM) e lipídios totais (LPT) em comparação ao CONT, enquanto o oposto ocorreu para proteína bruta (PB). Para a carne da coxa e sobrecoxa, os tratamentos com extratos elevaram significativamente ($P < 0,05$) a PB e matéria mineral (MM) em comparação ao CONT. A adição dos extratos afetou ($P < 0,05$) a qualidade física do peito, especialmente as médias de

L*, b*, PPC e CIS, sugerindo melhora na maciez da carne. Para a carne do complexo coxa-sobrecoxa, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos comparados ao CONT, exceto PAC200 que elevou ($P < 0,05$) os valores de L* e b*. Para a análise de oxidação lipídica da carne do peito e do complexo coxa-sobrecoxa não foram detectadas diferenças entre os tratamentos durante o período de armazenamento, permitindo concluir que a adição dos extratos de barbatimão e pacari não exerceram ação antioxidante na carne pré-cozida.

Palavras-Chave: Antioxidante natural, coxa e sobrecoxa, peito, qualidade da carne, TBARS.

Antioxidant capacity of the alcoholic extracts of barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) and pacari (*Lafoensia pacari*) supplemented through the diet on chicken meat stability and physical quality

2 ABSTRACT

This study aimed to determine the effects of the dietary supplementation with extracts of pacari and barbatimão on the protection of breast and thigh chicken meat compared to a negative control, evaluating composition, pH, color (L^* , a^* e b^*), cooking weight loss (PPC), shear force (CIS) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). Seven dietary treatments formulated with 2 types of extracts, barbatimão (BAR) or pacari (PAC), in three different concentrations each (200, 400 and 600ppm), plus a negative control, were fed to broiler chickens during 41 days. A total of 70 birds (10 birds per treatment) were slaughtered, breast and thigh were collected. The meat was packed and refrigerated at 4°C for 24 hours and analysed for composition, pH, color (breast and thigh meat), cooking loss and shear force (breast meat) Deboned breast and thigh meat were vacuum packaged and stored frozen for 28 and 43 days, respectively. After this period, meat was pooled for each treatment to produce pre-cooked meatballs that were kept chilled and analyzed during storage to evaluate TBARS concentration. SAS statistical software was used and a 5% significance level was used to all variables analyzed. Generally, data for breast meat demonstrates that treatments containing extracts showed significantly lower ($p<0.05$) humidity (UM) and total lipid (LPT), and higher ($p<0.05$) crude protein (PB). For thigh meat analysis, treatments increased ($p<0.05$) PB and mineral content (MM) when compared CONT. Considering physical characteristics, addition of plant extracts increased ($p<0.05$) L^* , b^* , PPC and CIS when compared to CONT in breast samples, suggesting increased tenderness. For dark meat, dietary treatments did not show significant effects, except PAC200 that increased ($p<0.05$) L^* and b^* values, when compared

to CON. Lipid oxidation was not affected by the supplementation of natural antioxidants during storage, since TBARS values were not reduced.

Keywords: Breast, dark meat, lipid oxidation, meat quality, natural antioxidants, TBARS.

3 INTRODUÇÃO

A oxidação é um processo natural do metabolismo celular, porém quando ocorre de forma descontrolada, pode dar início a uma reação em cadeia que pode levar a destruição dos componentes da carne. Os lipídios são muito susceptíveis a oxidação e quando esta ocorre, provoca alterações de ranço, que afetam o sabor, odor e cor da carne, diminuindo o tempo de prateleira do alimento (Adams, 1999). Logo, o processo de oxidação de produtos alimentícios é uma das maiores preocupações da indústria alimentícia.

A susceptibilidade da carne a oxidação lipídica depende de diversos fatores, como espécie animal, tipo de músculo e localização anatômica. A carne do peito do frango é mais sensível a oxidação que a carne vermelha, pois possui um maior teor de lipídios insaturados em sua composição. Em contrapartida, por apresentar um maior conteúdo e diferente perfil lipídico da carne do peito de frango, a carne da coxa e sobrecoxa sofre oxidação de forma mais rápida. (Melton, 1983; Cortinas et al., 2004).

De maneira geral, o processamento da carne, cada vez mais comum na indústria alimentícia, promove a quebra dos lipídios do músculo. Essa perda de integridade torna a carne mais susceptível a oxidação e a degradação, promovendo a perda da qualidade e do conteúdo nutricional do alimento (Gandemer, 2002).

A suplementação na dieta com antioxidantes é uma alternativa para a prevenção da degradação da carne. Entre as alternativas disponíveis, os antioxidantes naturais são cada vez mais estudados e utilizados devido a informações que demonstram o risco envolvido ao uso de antioxidantes sintéticos, que têm limite de uso restrito. Dentre os possíveis antioxidantes naturais disponíveis, as plantas nativas brasileiras, especialmente do cerrado, apresentam elevado potencial ainda pouco explorado (Anand & Sati, 2013; Passoto et al., 1998).

Portanto, esse estudo procura avaliar o potencial antioxidante de diferentes concentrações de extratos alcoólicos de pacari e barbatimão, suplementados na dieta de frangos de corte, sobre a qualidade da carne do peito e da coxa e sobrecoxa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Extrato Alcoólico de Pacari e Barbatimão

Os extratos alcoólicos foram obtidos do macerado aquoso da casca do caule das plantas *Lafoensia pacari* e *Stryphnodendron adstringens*.

As cascas foram limpas e secas em estufa à 40°C para serem moídas em moinho de facas. Em seguida, foram maceradas por 24 horas e percoladas com mistura de 80:20 de álcool e água, respectivamente. O material foi destilado e armazenado em câmara fria e posteriormente concentrado em rotoevaporador à frio por 24 horas. Foi calculado o teor de sólidos, que foi superior a 20 %.

Os extratos foram padronizados e foi feita a quantificação dos compostos ativos pelo Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os valores encontrados para os extratos alcoólicos de barbatimão e pacari foram, respectivamente, 43,6% e 35% de taninos totais no teor de sólidos.

4.2 Experimento de Campo

O experimento de campo foi realizado no aviário experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), sob protocolo de aprovação do Comitê de Ética n° 030/12 (UFG/CEUA). As aves receberam água e ração à vontade, sendo as rações experimentais isonutritivas e formuladas à base de milho e farelo de soja de acordo com Rostagno et al. (2011), para atender às exigências nutricionais de cada fase de

criação. A composição da ração basal (controle negativo - CONT) está apresentada na Tabela 2.1, sendo que o amido foi utilizado para a inclusão dos extratos alcoólicos de barbatimão e pacari, previamente misturados ao óleo de soja, para a composição dos tratamentos experimentais, que foram fornecidos a partir do primeiro dia e durante todas as fases de criação: Controle negativo (CONT), ração pré-inicial, inicial e crescimento sem adição de antioxidantes; nível 200 ppm, uso de 200 mg de extrato alcoólico de pacari (PAC200) ou barbatimão (BAR200) por quilograma de ração; nível 400 ppm, uso de 400 mg de extrato alcoólico de pacari (PAC400) ou barbatimão (BAR400) por quilograma de ração; nível 600 ppm, uso de 600 mg de extrato alcoólico de pacari (PAC600) ou barbatimão (BAR600) por quilograma de ração.

Tabela 2.1 Composição percentual e nutricional das rações experimentais basais

Ingredientes	Pré-Inicial (1-7dias)	Inicial (8-21 dias)	Crescimento (22-31 dias)
Milho	55,29	59,82	62,05
Farelo de Soja	38,25	34,67	31,54
Óleo de soja	2,05	1,88	2,99
Fosfato Bicálcico	1,90	0,99	1,28
Calcário Calcítico	0,90	1,24	0,85
Sal Comum	0,50	0,49	0,45
DL-Metionina 99%	0,36	0,29	0,26
L-Lisina HCL	0,29	0,21	0,19
Amido	0,20	0,20	0,20
L-treonina 98%	0,11	0,06	0,04
Suplemento vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,05	0,05	0,05
TOTAL	100,00	100,00	100,00
Valores calculados³			
Energia metabolizável (kcal/kg)	2950,00	3000,00	3100,00
Proteína (%)	22,20	20,80	19,50
Lisina digestível (%)	1,31	1,17	1,07
Metionina +Cistina digestíveis	0,94	0,84	0,78
Cálcio (%)	0,92	0,81	0,73
Fósforo disponível (%)	0,47	0,39	0,34
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20

¹Suplemento vitamínico - níveis de garantia por quilograma de produto: 3.125.000 UI Vitamina A, 550.000 UI Vitamina D3, 3.750 mg Vitamina E, 625 mg Vitamina K3, 250 mg Vitamina B1, 1.125 mg Vitamina B2, 250 mg Vitamina B6, 3.750mg Vitamina B12, 9.500 mg Niacina, 3.750 mg Pantotenato de cálcio, 125 mg Ácido fólico, 350.000 mg DL-metionina, 150.000 mg Cloreto de colina 50%, 50 mg Selênio, 2.500 mg.

²Suplemento mineral – níveis de garantia por quilograma de produto: Manganês 150.000mg, Zinco 100.000mg, Ferro 100.000mg, Cobre 16.000mg, Iodo 1.500mg.

³Valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

4.3 Experimentos Laboratoriais

4.3.1 Amostras de carne

Aos 41 dias de idade das aves, 10 animais por tratamento foram selecionados com peso vivo próximo da média de peso da parcela. No início da manhã, os frangos, que foram mantidos em jejum de 6 horas, foram identificados através de anilha de plástico em uma das canelas e transportados dentro de caixas de modelo padrão com dimensões de 0,77 x 0,57 x 0,33 cm (10 aves/caixa) em um caminhão aberto diretamente para um abatedouro comercial.

O abate das aves foi realizado nas dependências do Abatedouro da Asa Alimentos, localizado no município de Nova Veneza (GO), sob fiscalização do serviço de inspeção estadual (SIE) nº 0221-98, conforme Instrução Normativa (IN) nº 3, de 17 de janeiro de 2000.

Após a pendura, os frangos foram abatidos por sangria após passarem por insensibilização elétrica (eletronarcore), sendo posteriormente depenados e eviscerados. Ainda no abatedouro, sem hidratação e resfriamento, a carne do peito foi desossada, a coxa e sobrecoxa foram separadas da carcaça. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, identificadas e acondicionadas em isopor com gelo, sendo transportadas imediatamente até o Laboratório de Nutrição Animal (LNA) na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), em Brasília/DF, onde foram realizadas as análises conforme descrito a seguir.

4.3.2 Composição bromatológica

Para a composição bromatológica foram avaliados, em triplicata, a umidade (UM), matéria mineral (MN), o teor de proteína bruta (PB) e o teor de lipídios totais (LPT), separadamente, na carne crua do peito e da coxa e sobrecoxa, utilizando um “pool” contendo três amostras de cada músculo, por tratamento.

Para o cálculo da umidade foi inicialmente obtida a matéria seca, como descrito por AOAC (1990) e, em seguida, foi determinada a umidade, através do cálculo:

$$\text{Umidade} = 100\% - \% \text{ Matéria Seca}$$

A matéria mineral foi analisada pelo método gravimétrico por incineração em mufla a 600°C por 4 horas, de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1990). O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de destilação e titulação ou método Kjeldahl (AOAC, 1990). O teor de lipídios totais foi determinado pelo método gravimétrico utilizando solvente de éter de petróleo, de acordo com metodologia de Soxhlet (AOAC, 1995).

4.3.3 Avaliações de qualidade da carne

4.3.3.1 pH e Cor

Ao chegar ao LNA, as amostras de carne foram acondicionadas em câmara fria à 4°C e armazenadas por 24 horas. Após esse período, o pH e a cor (L*, a* e b*) foram avaliados em triplicata para o peito, coxa e sobrecoxa, sendo que o pH foi medido utilizando o phmetro portátil (marca Testo) e a cor foi avaliada com o uso do colorímetro marca Konica-Minolta (Modelo Chroma Meter CR-400) e o sistema CIELAB.

4.3.3.2 Avaliação da maciez

A maciez da carne foi avaliada através da força de cisalhamento (CIS). Para isso, cerca de um terço do músculo do peito de cada animal abatido foi acondicionada em sacos plásticos e transportada em isopor com gelo, até o Laboratório de Microbiologia e Análise de Alimentos (LAMAL), da UnB. As análises foram executadas nas 10 amostras de cada tratamento, que foram cortadas no formato de cubos com 2,5 cm de espessura. Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), os cubos foram pesados e assados utilizando forno elétrico pré-aquecido à 170°C até atingirem temperatura interna de 70°C. O monitoramento da temperatura interna dos cubos de carne foi realizado usando um termômetro do tipo Termopar (marca Testo), com a sonda inserida no centro do cubo de peso

médio. Depois de atingirem a temperatura interna desejada, os cubos foram retirados do forno e resfriados, sendo novamente pesados para a determinação da PPC por diferença. Em seguida, os cubos foram embalados e refrigerados, em geladeira, durante a noite. Amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram cortadas a partir dos cubos de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares utilizando lâmina de corte em V, com espessura de 1,016 cm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler[®] (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan-KS, USA), de acordo com metodologia de Froning & Uijttenboogaart (1988). Os resultados foram obtidos foram apresentados em porcentagem (%) para PPC e em quilograma-força (KgF) para CIS.

4.3.3.3 Oxidação lipídica

O restante das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa foi embalado à vácuo em sacos impermeáveis ao oxigênio e mantida sob congelamento até que fosse realizado o ensaio de armazenamento refrigerado para o estudo da oxidação lipídica. Por limitações de espaço e vidrarias, foram feitos ensaios separados para a carne do peito e para a carne do complexo coxa-sobrecoxa. A carne do peito foi mantida congelada por 28 dias até a realização do ensaio de armazenamento, enquanto a carne da coxa e sobrecoxa foi mantida congelada por 43 dias para a realização do segundo ensaio.

Para cada ensaio, foi feito um “pool” com a carne restante do peito ou da coxa e sobrecoxa de 10 animais de cada tratamento. A carne foi moída, adicionada de 0,5% de sal e foram confeccionadas 10 almôndegas de carne, que foram embaladas à vácuo e pré-cozidas em banho-maria a 100°C por 10 minutos, segundo metodologia descrita por Racanicci et al. (2004). As almôndegas de carne foram reembaladas utilizando embalagens permeáveis ao oxigênio e mantidas sob refrigeração (4°C) na ausência de luz durante 8 dias. A determinação dos malonaldeídos foi utilizada para acompanhar o processo de oxidação lipídica através da metodologia de TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) descrita por Madsen et al. (1998). A análise foi efetuada a cada dois dias (0, 2, 4, 6 e 8) em duplicata, em duas almôndegas de carne para cada tratamento por dia.

4.4 Análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em parcelas completamente aleatorizadas e com delineamento fatorial 2x3, com 2 plantas (barbatimão e pacari) em 3 concentrações cada (200, 400 e 600 ppm), com um controle adicional, totalizando 7 tratamentos.

Os resultados das análises bromatológicas foram analisados pelo modelo linear geral utilizando software estatístico SAS (SAS 9.3), sendo a comparação das médias entre os tratamentos foi feita utilizando o teste de Tukey a 5% de significância.

A análise estatística dos dados de qualidade física da carne, como pH, cor (L*, a*, b*) foram feitas utilizando o procedimento de modelo misto e comparação de médias por Dunnet e teste Simulado, com significância de 5%. Já os dados obtidos para PPC e CIS foram analisados pelo modelo linear geral e comparação de médias por Dunnet e teste Simulado, com significância de 5%.

Para a oxidação lipídica, o período de armazenamento foi considerado um fator longitudinal, variando entre 5 tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias). Adotando como modelo misto, com efeito fixo para tratamento e aleatório para período de armazenamento. Utilizou-se o procedimento de modelo misto do programa estatístico SAS[®] 9.3. As médias foram comparadas por teste de Tukey à 5% de significância. Foi ajustado um modelo linear misto de regressão detectando-se somente efeito quadrático dos tempos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Bromatológica

Os valores médios da composição centesimal da carne do peito podem ser observados na Tabela 2.2. Os teores de umidade (UM) e lipídios totais (LPT) são semelhantes àqueles encontrados na literatura por Torres et al. (2000), que obtiveram valores próximos a 73,81% e 1,84% para UM e LPT, respectivamente. Porém, os valores médios de matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) obtidos neste estudo estão um pouco elevados quando comparados aos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), que apresenta valores em torno de 1,0% e 21,5% de MM e PB (NEPA, 2011).

De maneira geral, a carne do peito dos animais que receberam os tratamentos contendo os extratos apresentou valores significativamente menores ($P < 0,05$) de UM e LPT, quando comparados ao CONT, enquanto o oposto ocorreu para PB. Com relação a MM, o controle foi significativamente maior ($P < 0,05$) que os tratamentos com diferentes níveis de inclusão do extrato de pacari, mas foi menor ou igual aos restantes.

Tabela 2.2 Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne do peito apresentados em porcentagem (%) da matéria natural (MN).

Tratamentos*	UM	MM	PB	LPT
CONT	74,10 ^a ± 0,02	1,53 ^b ± 0,01	24,39 ^e ± 0,23	1,95 ^a ± 0,05
BAR200	73,12 ^c ± 0,04	1,64 ^a ± 0,00	26,48 ^a ± 0,09	1,85 ^{ab} ± 0,03
BAR400	74,19 ^a ± 0,01	1,66 ^a ± 0,00	25,83 ^{bc} ± 0,11	1,33 ^c ± 0,01
BAR600	73,95 ^b ± 0,01	1,54 ^b ± 0,00	25,24 ^{cd} ± 0,09	1,76 ^b ± 0,01
PAC200	73,93 ^b ± 0,04	1,48 ^c ± 0,01	24,18 ^e ± 0,12	2,02 ^a ± 0,03
PAC400	74,14 ^a ± 0,01	1,34 ^e ± 0,01	25,05 ^d ± 0,11	1,71 ^b ± 0,02
PAC600	73,00 ^d ± 0,01	1,42 ^d ± 0,00	25,95 ^{ab} ± 0,11	1,73 ^b ± 0,06

a,b,c Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

A composição bromatológica da carne do complexo coxa-sobrecoxa está apresentada na Tabela 2.3 e pode-se notar que os valores médios de UM, PB e LPT foram similares aos descritos por Xiong et al. (1993), que obtiveram teor de UM por volta de 72,8 a 73,8%, PB variando de 18,1 a 21,3% e LPT entre 5,0 a 7,2%. Porém, as médias obtidas neste trabalho são diferentes das relatadas por Torres et al. (2000) e pela Tabela de Composição de Alimentos (USDA, 2012), que relataram 70,51 e 76,78% UM, 18,09 e 25,23% PB e 9,32 a 3,71% LPT, respectivamente.

Apesar da pequena variação entre os valores médios obtidos para os parâmetros avaliados, houve diferença estatística (P<0,05) entre os tratamentos. Com relação a UM, o tratamento CONT apresentou valor intermediário, já o teor de MM e PB foi inferior (P<0,05), quando comparado aos demais tratamentos. Da mesma forma, o teor médio de LPT foi estatisticamente inferior (P<0,05) para BAR400, em comparação ao CONT.

Tabela 2.3 Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) e respectivos desvios-padrão da carne da coxa e sobrecoxa, apresentados em porcentagem (%) da matéria natural (MN).

Tratamentos*	UM	MM	PB	LPT
CONT	73,71 ^e ± 0,01	1,40 ^c ± 0,01	20,43 ^{ab} ± 0,22	5,93 ^{ab} ± 0,05
BAR200	73,36 ^g ± 0,01	1,50 ^a ± 0,01	21,29 ^a ± 0,06	6,07 ^a ± 0,09
BAR400	74,53 ^b ± 0,04	1,46 ^{abc} ± 0,01	20,24 ^b ± 0,44	5,14 ^c ± 0,06
BAR600	74,77 ^a ± 0,02	1,43 ^{bc} ± 0,01	19,84 ^a ± 0,15	5,70 ^b ± 0,02
PAC200	74,17 ^c ± 0,01	1,48 ^{ab} ± 0,002	20,37 ^{ab} ± 0,05	5,88 ^{ab} ± 0,03
PAC400	73,81 ^d ± 0,005	1,46 ^{abc} ± 0,03	20,60 ^{ab} ± 0,10	6,07 ^a ± 0,04
PAC600	73,51 ^f ± 0,001	1,48 ^{ab} ± 0,01	20,63 ^{ab} ± 0,12	5,72 ^b ± 0,04

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

5.2 Qualidade Física

Na Tabela 2.4 estão apresentados os dados médios referentes às análises da qualidade física da carne do peito das aves alimentadas com antioxidantes naturais. Pode-se notar que as variáveis de cor (L* e b*), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (CIS) foram significativamente (P<0,05) afetadas pelos tratamentos.

Os valores de pH não diferiram entre os tratamentos e encontram-se dentro da faixa esperada para esse tipo de corte avaliado no período de 24 horas pós-abate, em acordo com os dados relatados por Qiao et al. (2002) e Lesiow et al. (2009). Resultados similares também foram encontrados por Rababah et al. (2006), que também não verificou efeito da suplementação de extrato de semente de uva (2.500 ppm) e extrato de chá verde (2.500 ppm) na alimentação de frangos sobre o pH da carne. Porém, Mourão et al. (2008), ao testar a suplementação com polpa cítrica (10%) na dieta de frangos verificou uma diminuição significativa no pH da carne.

De acordo com Barbut et al. (1997), a classificação da carne do peito de frango em normal, DFD (carne escura, firme e seca) ou PSE (carne clara, flácida e exsudativa) pode

ser feita relacionando aos valores de pH e cor (L^*) avaliados até 24 horas *post-mortem* no músculo do peito (*Pectoralis major*) resfriado. Para estes autores, valores de luminosidade abaixo de 46 e pH acima de 6,1 caracterizam carnes DFD, enquanto que valores de luminosidade acima de 53 e pH abaixo de 5,7 caracterizam carnes PSE. Dessa forma, todos os tratamentos estudados neste trabalho produziram carne de peito que podem ser classificadas dentro da faixa de normalidade, considerando os valores de L^* e pH.

Tabela 2.4 Valores médios de pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cocção (PPC) e cisalhamento (CIS) e respectivos desvios-padrão em amostras de peito de frangos alimentados com dietas contendo extratos de barbatimão e pacari.

Tratamentos*	pH	Cor			PPC (%)	CIS (Kgf)
		L^*	a^*	b^*		
CONT	5,97	47,49 ^{ab}	3,02	8,33 ^{ab}	15,88 ^b	2,85 ^a
BAR200	5,87	47,73 ^{ab}	3,48	7,82 ^b	14,04 ^b	2,17 ^{ab}
BAR400	5,92	46,58 ^b	3,52	7,59 ^b	10,27 ^c	1,40 ^b
BAR600	5,83	48,19 ^{ab}	3,10	7,99 ^{ab}	13,71 ^b	1,71 ^b
PAC200	5,86	49,64 ^a	3,30	9,71 ^a	20,70 ^a	1,63 ^b
PAC400	5,89	49,13 ^{ab}	3,22	8,73 ^{ab}	15,62 ^b	1,82 ^b
PAC600	5,87	47,45 ^{ab}	2,98	8,35 ^{ab}	12,47 ^b	1,65 ^b
Desv.Pad.	0,50	0,69	0,31	0,60	1,09	0,41

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente ($P < 0,05$).

*: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

A suplementação dos antioxidantes naturais não influenciou a cor do peito das aves, uma vez que não houve diferença estatística entre os tratamentos e o CONT para as variáveis a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo). Fato semelhante ocorreu em estudo de Leonel et al. (2007), suplementando dieteticamente diferentes níveis de vitamina E. Porém, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre o valor das médias de b^* (teor de amarelo), sendo que o maior valor (9,71) foi verificado para PAC200, em comparação com as menores dosagens de barbatimão (BAR200 e BAR400).

Na Tabela 2.4 encontramos ainda os resultados médios obtidos para as variáveis PPC e CIS nas amostras de carne do peito. Os resultados de PPC obtidos neste estudo foram, de modo geral, inferiores aos relatados por Almeida et al. (2002) para a carne

considerada normal (23,0%). Por outro lado, Barbut et al. (2005) classificaram carne como normal quando estas possuíam valores médios de PPC próximos de 11,25%.

Neste estudo, pode-se verificar que o CONT apresentou um valor médio intermediário de PPC, sendo estatisticamente inferior ($P < 0,05$) ao PAC200, que apresentou o maior valor de PPC, e estatisticamente superior ($P < 0,05$) ao BAR400, menor valor encontrado. Já para a variável CIS, os tratamentos contendo os extratos naturais provocaram redução ($P < 0,05$) quando comparados ao tratamento CONT, exceto para o BAR200. De acordo com Gaya & Ferraz (2006), a PPC está relacionada a capacidade de retenção de água da carne e a CIS diz respeito à maciez, e ambas influenciam diretamente sua textura e palatabilidade.

Na Tabela 2.5 estão apresentados os valores médios de pH e cor (L^* , a^* , b^*) para as amostras de carne do complexo coxa-sobrecoxa. De maneira geral, o pH encontrado para a carne do complexo coxa e sobrecoxa é superior ao pH do peito, possivelmente por causa das diferenças entre os tipos de fibras musculares de cada músculo. A cor escura da carne da coxa e sobrecoxa sugere uma maior quantidade de fibras do tipo I que são aeróbicas e, portanto, tem menor potencial glicolítico, seu metabolismo resulta em menos glicogênio e menor produção de ácido lático na transformação de músculo em carne (Dransfield & Sosnicki, 1999).

Apesar de todas as médias para pH estarem dentro da normalidade segundo Beraquet (2000), já que encontram-se entre 5,8 a 6,2, detectou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos BAR400 e BAR600, que não diferiram dos demais.

Os resultados deste estudo diferiram dos relatados por Lee et al. (2012), que verificaram aumento nos valores de pH com a suplementação de ácidos gálico e linoléico em relação ao controle. Estes autores concluíram que a adição de 1% destes ácidos na dieta conseguia retardar o declínio do pH pós-morte possivelmente pela sua ação antioxidante decorrente da deposição de conteúdo fenólico na carne. Por outro lado, Padilha (2007) verificou que a inclusão de 0,7% do extrato de erva-mate na carne da coxa e sobrecoxa retardou a oxidação lipídica quando comparado ao controle, porém não foram detectadas diferenças entre o pH desses tratamentos.

Tabela 2.5 Valores médios de pH e cor (L*, a*, b*) e respectivos desvios-padrão em amostras de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari na dieta.

Tratamentos*	pH	L*	Cor	
			a*	b*
CONT	6,11 ^{ab}	46,68 ^b	13,81	9,54 ^b
BAR200	6,12 ^{ab}	47,56 ^{ab}	15,49	10,71 ^{ab}
BAR400	6,17 ^a	47,31 ^{ab}	15,01	10,33 ^{ab}
BAR600	5,98 ^b	47,48 ^{ab}	15,03	10,06 ^{ab}
PAC200	6,06 ^{ab}	48,86 ^a	13,59	11,27 ^a
PAC400	6,08 ^{ab}	47,64 ^{ab}	14,45	10,67 ^{ab}
PAC600	6,02 ^{ab}	46,64 ^b	14,78	10,35 ^{ab}
Desv.Pad.	0,06	0,74	0,97	0,59

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

Com relação a luminosidade (L*) e ao teor de amarelo (b*), a utilização dos antioxidantes naturais não provocou diferenças significativas (P<0,05) nas médias obtidas em relação ao CONT, exceto para o tratamento PAC200, que foi superior. Já a concentração dos pigmentos vermelhos (a*) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos.

De uma maneira geral, o baixo valor de luminosidade (L*) e o alto teor de vermelho (a*) encontrados estão relacionados à concentração de hemoglobina no tecido e, principalmente, de mioglobina neste tipo de carne (Hedrick et al., 1994).

5.3 Oxidação Lipídica

Os Gráficos 2.1 e 2.2 apresentam as médias da concentração de malonaldeídos (MDA) por quilograma de carne de peito e do complexo coxa e sobrecoxa respectivamente, acompanhadas durante o período de armazenamento refrigerado.

Não foram detectadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos aplicados para a progressão da oxidação lipídica no decorrer dos oito dias de armazenamento.

Nas condições deste estudo, a adição dos antioxidantes naturais não exerceu ação antioxidante na proteção dos lipídios da carne.

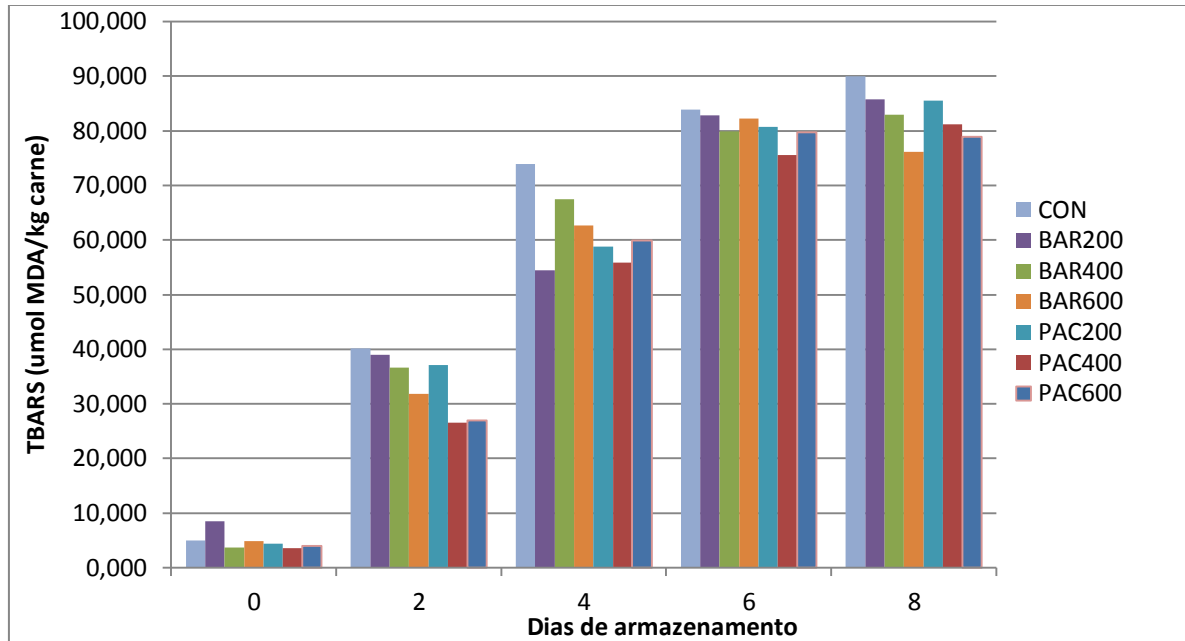


Gráfico 2.1 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne do peito de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias). *Tratamentos: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

Para a carne do peito (Gráfico 2.1), percebe-se a partir do segundo dia de armazenamento uma tendência do tratamento CONT em apresentar maiores valores de TBARS em comparação aos demais tratamentos. Já para os resultados referentes à carne da coxa e sobrecoxa (Gráfico 2.2), verifica-se a partir do dia 4 que o CONT, com exceção do tratamento BAR600 no dia 4 e BAR600 e PAC200 no dia 6, têm uma tendência de maior acúmulo de compostos de ranço.

No último dia de armazenamento (dia 8) observa-se que tanto para a carne do peito (Gráfico 2.1) como para a carne da coxa e sobrecoxa (Gráfico 2.2), o tratamento CONT parece apresentar maior concentração de MDA que os demais, mas essa diferença não foi significativa estatisticamente. Da mesma forma, o aumento na concentração dos extratos alcoólicos das duas plantas na dieta parece apresentar uma tendência na diminuição da

concentração dos compostos de oxidação lipídica para as carnes do peito e do complexo coxa-sobrecoxa, o que não foi confirmada na análise estatística.

Os resultados encontrados neste estudo diferem daqueles reportados por Botsoglou et al. (2002), que analisaram a eficácia de diferentes níveis de suplementação de óleo essencial de orégano (50 mg/Kg e 100 mg/kg) como antioxidante na carne cozida e refrigerada do peito e do complexo coxa-sobrecoxa durante nove dias de armazenamento. Estes autores detectaram a atividade antioxidante dos dois níveis de suplementação do extrato quando comparados ao controle para os dois tipos de carne e os melhores resultados foram observados para o tratamento contendo 100 mg/kg do extrato de orégano, concentração inferior à utilizada neste estudo.

Kim et al. (2006) avaliaram o potencial antioxidante do α -tocoferil acetato testando cinco níveis de suplementação dietética do composto (50, 100, 200 e 400 UI/Kg ração) sobre a carne crua do peito e do complexo coxa e sobrecoxa durante 12 dias de armazenamento. Os autores verificaram que as concentrações de 200 e 400 UI/Kg foram eficazes em prevenir a oxidação lipídica nos dois tipos de carne ao final do armazenamento.

Por outro lado, dados semelhantes aos verificados nesse experimento foram relatados por Mariutti (2009). Ao testar a inclusão de 0,1% de alho no peito de frango não detectaram atividade antioxidante significativa deste composto natural quando comparado a um tratamento controle sem antioxidantes.

O potencial antioxidante do extrato alcoólico de barbatimão foi relatado anteriormente por Lopes et al. (2005), que comprovaram em estudos *in vitro* a atividade antioxidante da planta frente ao radical DPPH. O mesmo ocorreu para o extrato de pacari em estudo realizado por Solon et al. (2000), que detectaram atividade sequestradora de radicais livres pela inibição do radical DPPH e da enzima xantina oxidase. Souza (2013) analisou a capacidade antioxidante dos extratos de barbatimão e pacari quando adicionados diretamente sobre a carne de frango e verificou que ambas as plantas foram eficazes em prevenir a oxidação da carne durante o período de armazenamento.

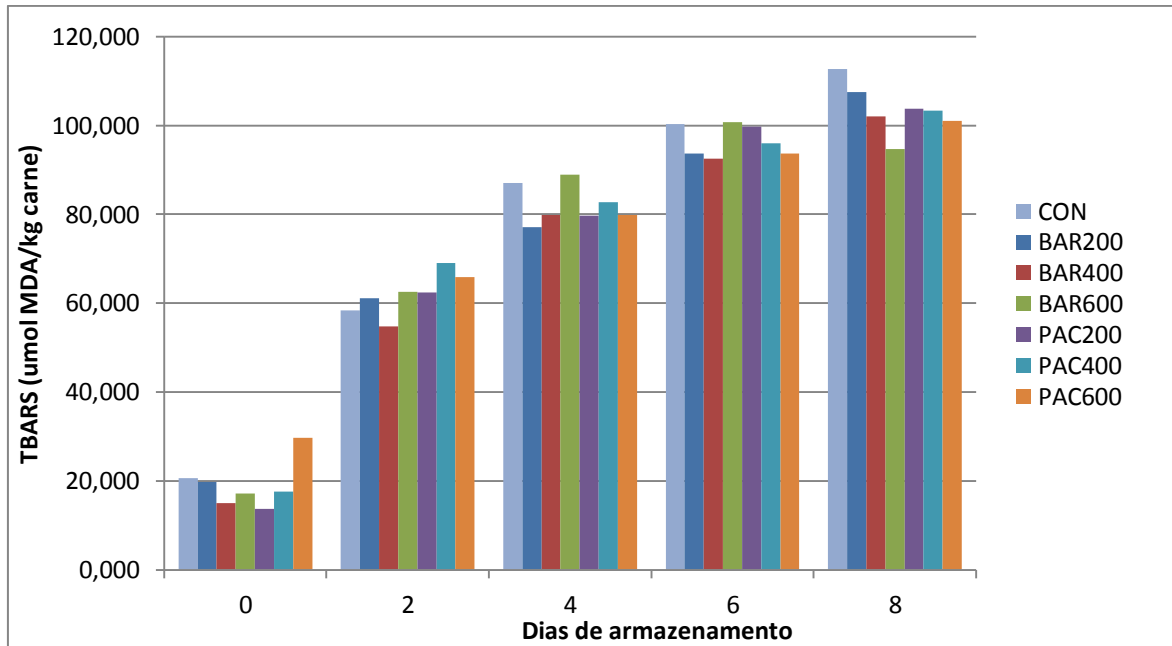


Gráfico 2.2 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com extratos de barbatimão e pacari avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias). *Tratamentos: suplementação de 200, 400 e 600 ppm de extrato alcoólico de barbatimão (BAR) ou de pacari (PAC) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

A ineficácia dos extratos em proteger os lipídios da carne da oxidação quando suplementados na dieta, conforme verificado neste estudo, pode estar relacionada à metabolização e deposição destes compostos no organismo (Fernandez-Panchon et al., 2008). A maior parte dos compostos presentes nos óleos essenciais é rapidamente absorvida pelo intestino após administração oral, grande parte é metabolizada e eliminada pelos rins e somente uma menor porção destes compostos é depositado no organismo animal, principalmente nas membranas celulares. Porém, a proporção dos compostos depositados e aqueles excretados variam de acordo com a composição do óleo essencial (Igmi et al., 1974; Lee, 2004). Além disso, como ainda não é possível quantificar precisamente a proporção dos compostos que são efetivamente depositados, fica muito difícil prever o efeito antioxidante na carne.

6 CONCLUSÃO

A suplementação dos extratos alcoólicos de barbatimão e pacari na dieta de frangos de corte parecem ter tido efeito benéfico sobre a qualidade da carne de frango. De maneira geral, as amostras de carne de peito provenientes dos tratamentos com adição dos extratos apresentaram resultados promissores para os parâmetros de maciez da carne quando comparadas as carnes de peito das aves não suplementadas com os antioxidantes naturais. Relacionando os dados de perda de água por cocção e força de cisalhamento, pode-se supor que o tratamento BAR400 foi o mais efetivo com relação a manutenção da qualidade física da carne do peito. As amostras de carne da coxa e sobrecoxa também apresentaram resultados de interesse, pois a suplementação com 200 ppm de pacari (PAC200) parece ter influenciado a conservação dos compostos do teor amarelo (b*) retardando a degradação destes.

Por outro lado, as dosagens utilizadas neste estudo para a suplementação dos extratos alcoólicos de barbatimão e pacari não foram suficientes para a proteção dos lipídios da carne. Porém, os resultados positivos relatados na literatura referentes ao potencial *in vitro* destes compostos e também sua eficácia quando adicionados diretamente na carne sugerem que a suplementação dietética destes extratos em maiores dosagens possivelmente retardem a peroxidação lipídica das carnes do peito, da coxa e sobrecoxa. Portanto, novos estudos são necessários para investigar o mecanismo de ação, metabolização e deposição destes extratos no organismo.

7 AGRADecIMENTOS

À rede Produção Animal Sustentável (PAS), rede multidisciplinar vinculada ao Programa Redes Pró-Centro Oeste (CNPq) pelo fornecimento dos extratos vegetais e da carne.

Ao financiamento fornecido pelo CAPES/CNPq, o qual possibilitou a execução deste projeto e pela concessão de bolsa.

Ao Decanato de Pesquisa e Pós-graduação pelo financiamento de viagem a congresso para apresentação de trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, S. M. Ecological Role of Lipids in the Health and Success of Fish Populations. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C (Ed.). **Lipids in Freshwater Ecosystems**. 1ed. Nova Iorque: Springer, 1999. p. 132-160.

ALMEIDA, I. C. L.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; GARCIA, R. G.; GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1744-1752, 2002.

ANAND, S. P., SATI, N. Artificial preservatives and their harmful effects: looking toward nature for safer alternatives. **International Journal of Pharm. Sci. Res.**, v. 4, p. 2496-2501, 2013.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC . **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: AOAC International, 1990. 771p.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 38, p. 355-358, 1997.

BARBUT, S., ZHANG, L., MARCONE, M. Effects of pale, normal and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated filets. **Poultry Science**, v. 84, p. 797-802. 2005.

BERAQUET, N. J. Influência de fatores ante e post mortem na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 1, p. 155-166, 2000.

BOTSOGLOU, N. A., CHRISTAKI, E., FLETOURIS, D. J., FLOROU-PANERI, P., SPAIS, A. B. The effect of dietary oregano essential oil in lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 62, p. 259-265, 2002.

CORTINAS, L., VILLAVERDE, C., GALOBART, J., BAUCCELLS, M. D. CODONY, R., BARROETA, A. C. Fatty Acid Content in Chicken Thigh and Breast as Affected by Dietary Polyunsaturation Level. **Poultry Science**, v. 83, p. 1155-1164, 2004.

DRANSFIELD, E., SOSNICKI, A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

FERNANDEZ-PANCHON, M. S., VILLANO, D., TRONCOSO, A. M., GARCIA-PARRILLA, M. C. Antioxidant activity of Phenolic compounds: From in vitro results to in vivo evidence. **Food Science and Nutrition**, v. 48, p. 649-671, 2008.

FRONING, G.W.; UIJTENBOOGAAR, T.G. Effect of post mortem electrical stimulation on colour, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 67, p. 1535-1544, 1988.

GANDEMER, G. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. **Meat Science**, v. 62, p. 309-321, 2002.

GAYA, L. G., FERRAZ, J. B. S. Aspectos genéticos-quantitativos da qualidade de carne de frangos. **Ciência Rural**, v. 36, p. 349-356, 2006.

HEDRICK, H. B., ABERLE, E., FORREST, J. C., JUDGE, M. D., MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 3ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1994. 354p.

IGMI, H., NISHIMURA, M., KODAMA, R., IDE, H. Studies on the metabolism of d-limonene (p-mentha-1,8-diene): The absorption, distribution and excretion of d-limonene in rats. **Xenobiotica**, v. 4, p. 77-84, 1974.

KIM, B. C., et al. Influence of Dietary α -Tocopheryl Acetate Supplementation on Cholesterol Oxidation in Retail Packed Chicken Meat during Refrigerated Storage. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v. 70, n. 4, p. 808-814, 2006.

LEE, K. W., EVERTS, H., BEYNEN, A. C. Essential oils in broiler nutrition. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 738-752, 2004.

LEE, K. H., JUNG, S., KIM, H. J., KIM, I. S., LEE, J. H., JO, C. Effect of Dietary Supplementation of the Combination of Gallic and Linoleic Acid in Thigh Meat of Broilers. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**, v. 25, p. 1641-1648, 2012.

LEONEL, F. R., OBA, A., PELICANO, E. R. L., ZEOLA, N. M. B. L., BOIAGO, M. M., SCATOLINI, A. M., LIMA, T. M. A., SOUZA, P. A., SOUZA, H. B. A. Performance, carcass yield, and qualitative characteristics of breast and leg muscles of broilers fed diets supplemented with vitamin E at different ages. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, p. 91-97, 2007.

LESIOW T., SZMANKO T., KORZENIOWSKA M., BOBAK L., OZIEMBLOWSKI M. Influence of the season of the year on some technological parameters and ultrastructure of PSE, normal and DFD chicken breast muscles. In: PROCEEDINGS XIX. EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 19., 2009, Turku. **Anais...** Turku: WPSA, p.21-25, 2009.

LOPES, G. C., SANCHES, A. C. C., NAKAMURA, C. V., DIAS-FILHO, B. P. HERNANDES, L., DE MELLO, J. C. P. Influence of extracts of *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. And *Stryphnodendron obovatum* Benth, on the cicatrization of cutaneous wounds in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 99, p. 265-272, 2005.

MADSEN, H.L.; SØRENSEN, B.; SKIBSTED, L.H.; BERTELSEN, G. The antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) in dressing stored exposed to light or in darkness. **Food Chemistry**, v. 63, p. 173-180, 1998.

MARIUTTI, L. R. B. **Efeito da adição de sálvia e alho na oxidação lipídica em carne de frango**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2009. 171p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2009.

MELTON, S. L. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. **Food Technology**, v.116, p. 105-111, 1983.

MOURÃO, J. L., PINHEIRO, V. M., PRATES, J. A. M., BESSA, R. J. B., FERREIRA, L. M. A., FONTES, C. M. G. A. AND PONTE, P. I. P. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 733-743, 2008.

NEPA - NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. Editora UNICAMP: Campinas, SP, 2011. p. 16-104.

PADILHA, A. D. G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango in vivo**. Santa Maria: Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

PASSOTO, A. J., PENTEADO, M. V. C., MANCINE-FILHO, J. Atividade antioxidante do b-caroteno e da vitamina A: Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Revista Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.18, n.1, p. 68-72, 1998.

QIAO, M., FLETCHER, D. L., NORTHCUTT, J. K., SMITH, D. P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, v. 81, p. 422-427, 2002.

RABABAH, T. M., EREIFEJ, K. I., AL-MAHASNEH, M. A. AND AL-RABABAH, M. A. Effect of plant extracts on physiochemical properties of chicken breast meat cooked using conventional electric oven or microwave. **Poultry Science**, v. 85, p. 148-154, 2006.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SKIBSTED, L.K. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*), **European Food Research and Technology**, v.218, p. 521-524, 2004.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). **Tabela Brasileira para Aves e Suínos**. 3ed. UFV Editora: Viçosa, MG, 2011, 252p.

SOLON, S., LOPES, L., TEIXEIRA-DE-SOUZA, P., SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity of *Lafoensia pacari*. **Journal of Ethnopharmacology**, , v. 72, p. 173-178, 2000.

SOUZA, T. C. **Estabilidade oxidativa da carne de frango pré-cozida contendo bioprodutos do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Ciências Animais da Universidade de Brasília, 2013. 40p. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Agronomia e Ciências Animais da Universidade de Brasília, 2013.

TORRES, E. A. F. S., CAMPOS, N. C., DUARTE, M., GARBELOTTI, M. L., PHILIPPI, S. T., RODRIGUES, R. S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 145-150, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Composition of Foods Raw, Processed, Prepared USDA National Nutrient Database for Standard Reference**. USDA: Washington, DC, 2012. p. 106-110.

CAPITULO 3

Atividade antioxidante da suplementação dos óleos de Sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.) e Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) na dieta de frangos de corte sobre a qualidade física e estabilidade da carne do peito, coxa e sobrecoxa.

1 RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação dietética de óleo-resinas de sucupira e copaíba e ação antioxidante na carne do peito e da coxa e sobrecoxa em relação à composição, pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (CIS) e presença de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Sete tratamentos, formulados com 2 óleo-resinas extraídas da sucupira (SUC) ou da copaíba (COP) em 3 concentrações (500, 900 e 1300 ppm) foram suplementados na dieta de frangos de corte durante 37 dias, em comparação com um controle negativo (CONT). Um total de 70 aves (10 aves de cada tratamento) foram abatidas para a coleta da carne do peito, da coxa e sobrecoxa. A carne foi embalada e refrigerada a 4°C e, após 24 horas foi analisada quanto à composição, pH, cor (peito, coxa e sobrecoxa), PPC e CIS (somente peito). O restante das amostras de carne foram embaladas a vácuo e congeladas por 34 e 48 dias para o peito e coxa e sobrecoxa, respectivamente. Após esse período, as amostras foram descongeladas e foi feito um “pool” com as amostras de cada tratamento para produzir almôndegas pré-cozidas, estas foram mantidas refrigeradas a 4°C durante 8 dias. Periodicamente, amostras foram analisadas para determinar a concentração de TBARS e avaliar a progressão da oxidação lipídica. Os resultados foram analisados utilizando os procedimentos GLM e MIXED do programa estatístico SAS. Com relação a composição da carne do peito, a adição dos óleos provocou

um aumento ($P < 0,05$) na UM e PB quando comparados ao CONT, exceto para SUC500 e SUC900; e uma redução nas médias de LPT e de MM quando comparados ao CONT, exceto para SUC500, COP900 e COP1300. Para a carne da coxa e sobrecoxa, a suplementação com óleos aumentou ($P < 0,05$) a UM em comparação ao CONT. Para a qualidade da carne do peito, os tratamentos reduziram ($P < 0,05$) os valores médios de PPC, não afetando os demais parâmetros. Para a carne da coxa e sobrecoxa, somente as médias de luminosidade (L^*) apresentaram diferença estatística, sendo aumentadas para a maioria dos tratamentos, exceto SUC500 e SUC900. Com relação a atividade antioxidante, nenhum dos óleos foi eficiente na proteção dos lipídios da carne do peito, coxa e sobrecoxa quando comparados a CONT.

Palavras-chave: Antioxidante, coxa e sobrecoxa, peito, plantas brasileiras, qualidade da carne.

Antioxidant activity of Sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.) and Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) oils supplemented through the diet on chicken breast and thigh meat stability and physical quality

2 ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the addition of oil resins from copaíba (*Copaifera langsdorffii*) and sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.) supplemented in the diet of broilers on composition, pH, color, shear force and lipid oxidation (Thiobarbituric Acid Reactive Substances, TBARS) of breast and thigh meat when compared to the control. Seven dietary treatments formulated with 2 types of extracts, copaiba (COP) or sucupira (SUC), in three different concentrations each (500, 900 and 1300ppm), plus a negative control (CONT), were fed to broiler chickens until 37 days. Seventy broilers (ten birds per treatment), were slaughtered to collect breast and thigh meat. Samples were refrigerated at 4°C for 24 hours in order to evaluate pH and color, and also cooking loss (CL) and shear force (SF) on breast samples. Meat was vacuum-packed and stored frozen for 34 days (breast) and 48 days (thigh) until analysis. Subsequently, the meat was defrosted, pooled and pre-cooked meatballs were prepared. Meatballs were stored in O₂ permeable packets and analyzed during storage for concentration of TBARS. The results were analyzed using PROC GLM and MIXED from SAS statistical software. It was detected that supplementation of plant oils increased ($p<0.05$) humidity (UM) and crude protein (PB) in breast meat, when compared to CONT and reduced ($p<0.05$) total lipids (LPT) and mineral matter (MM). For thigh meat, the use of plant oils increased ($p<0.05$) UM, when compared to CONT. Considering breast meat quality, treatments reduced ($p<0.05$) PPC compared to CONT, and for thigh meat L* values were significantly ($p<0.05$) higher when compared to CONT, except for SUC500 and 900.

Regarding lipid oxidation studies, TBARS values were not affected by dietary treatments and, in conclusion, the addition of plant oil resins was not effective on the protection of lipids in breast or thigh meat during storage.

Keywords: Antioxidant, Brazilian plants, breast meat, dark meat, meat quality, TBARS.

3 INTRODUÇÃO

Os lipídios são importantes constituintes da carne e influenciam o sabor, o aroma, a maciez e a suculência desta. Porém, a deterioração lipídica é um dos principais processos de degradação da carne e seus derivados durante o manuseio, armazenamento, processamento e cozimento da carne, afetando sua qualidade e conteúdo nutricional (Morrisey et al., 1998).

O desenvolvimento da rancidez na carne pela oxidação começa no momento do abate e continua durante o armazenamento. O processo de peroxidação lipídica provoca a degradação dos ácidos graxos da carne e leva a produção de substâncias tóxicas, como aldeídos, cetonas e álcoois, por exemplo. Estes compostos tóxicos afetam a qualidade da carne de diversas maneiras, alterando principalmente cor, sabor e odor e reduzindo o tempo de prateleira do produto. (Gayatán et al., 2010).

O potencial oxidativo da carne pode variar dependendo da espécie animal, tipo de músculo, entre outros. Porém, a carne de frango é uma das mais suscetíveis a oxidação lipídica devido a grande quantidade de ácidos graxos insaturados presentes em sua estrutura, aumentando a preocupação quanto a sua deterioração (Rhee et al., 1996).

Uma das alternativas para a prevenção da oxidação lipídica é a suplementação dietética de antioxidantes, que agem prevenindo a deterioração do alimento. Eles podem ser de origem sintética ou natural; porém pesquisas têm sido conduzidas buscando alternativas naturais, como os fitogênicos, devido às preocupações quanto a segurança alimentar relacionadas aos antioxidantes sintéticos, cujo uso tem sido questionado devido ao seu potencial carcinogênico (Milani et al., 2010)

As plantas nativas brasileiras, especialmente do cerrado, apresentam elevado potencial ainda pouco explorado. Plantas como a copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e a

sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.) são comumente encontradas neste bioma e apresentam potencial antioxidante devido à presença de compostos terpenóides em sua constituição (Romero, 2007).

Dessa forma, esse trabalho visa avaliar a capacidade antioxidante de diferentes concentrações dos extratos de copaíba e sucupira suplementados na dieta de frangos sobre a qualidade física e química da carne do peito e da coxa e sobrecoxa.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Óleos de Sucupira e Copaíba

Através de uma cooperativa extrativista do Cerrado foi adquirido o óleo de copaíba, assim como os endocarpos alados de sucupira, que foram utilizados para a produção dos extratos. O óleo de copaíba foi extraído diretamente do seio lenhoso do caule das árvores, originando um óleo-resina. O óleo de sucupira foi obtido por prensagem das sementes à frio, obtendo o óleo bruto, que teve rendimento de 15%.

Estes produtos foram analisados quanto à pureza e padronizados no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia. As dosagens obtidas para os teores de β -cariofileno foram 21,31 e 7,36% para o óleo de copaíba e o de óleo de sucupira, respectivamente.

4.2 Experimento de Campo

O experimento de campo foi realizado no aviário experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), sob protocolo de aprovação do Comitê de Ética n° 030/12 (UFG/CEUA). Um total de 350 pintos de um dia, machos, linhagem Cobb 500 receberam água e ração à vontade, sendo as rações experimentais isonutritivas e formuladas à base de milho e farelo de soja de acordo com Rostagno et al. (2011), para atender às exigências nutricionais de cada fase de criação. Os tratamentos nutricionais foram fornecidos *ad libidum* a partir do primeiro dia do experimento até o final

deste. A composição da ração basal (controle negativo - CONT) está apresentada na Tabela 3.1, sendo que a inclusão dos óleos de copaíba ou sucupira, previamente misturados ao óleo de soja, foi feita substituindo-se o amido na a composição dos tratamentos experimentais:

- Controle Negativo (CONT): dieta sem adição de antioxidantes;
- 500 ppm: adição de 500 mg do óleo de sucupira (SUC500) ou de copaíba (COP500) por kg de ração;
- 900 ppm: adição de 900 mg do óleo de sucupira (SUC900) ou de copaíba (COP900) por kg de ração;
- 1.300 ppm: adição de 1.300 mg do óleo de sucupira (SUC1300) ou de copaíba (COP1300) por kg de ração.

Tabela 3.1 Composição percentual e nutricional das rações experimentais basais

Ingredientes	Pré-Inicial (1-7dias)	Inicial (8-21 dias)	Crescimento (22-31 dias)
Milho	55,29	59,82	62,05
Farelo de Soja	38,25	34,67	31,54
Óleo de soja	2,05	1,88	2,99
Fosfato Bicálcico	1,90	0,99	1,28
Calcário Calcítico	0,90	1,24	0,85
Sal Comum	0,50	0,49	0,45
DL-Metionina 99%	0,36	0,29	0,26
L-Lisina HCL	0,29	0,21	0,19
Amido	0,20	0,20	0,20
L-treonina 98%	0,11	0,06	0,04
Suplemento vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,05	0,05	0,05
TOTAL	100,00	100,00	100,00
Valores calculados³			
Energia metabolizável (kcal/kg)	2950,00	3000,00	3100,00
Proteína (%)	22,20	20,80	19,50
Lisina digestível (%)	1,31	1,17	1,07
Metionina +Cistina digestíveis	0,94	0,84	0,78
Cálcio (%)	0,92	0,81	0,73
Fósforo disponível (%)	0,47	0,39	0,34
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20

¹Suplemento vitamínico - níveis de garantia por quilograma de produto: 3.125.000 UI Vitamina A, 550.000 UI Vitamina D3, 3.750 mg Vitamina E, 625 mg Vitamina K3, 250 mg Vitamina B1, 1.125 mg Vitamina B2, 250 mg Vitamina B6, 3.750mg Vitamina B12, 9.500 mg Niacina, 3.750 mg Pantotenato de cálcio, 125 mg Ácido fólico, 350.000 mg DL-metionina, 150.000 mg Cloreto de colina 50%, 50 mg Selênio, 2.500 mg.

²Suplemento mineral – níveis de garantia por quilograma de produto: Manganês 150.000mg, Zinco 100.000mg, Ferro 100.000mg, Cobre 16.000mg, Iodo 1.500mg.

³Valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

4.3 Experimentos Laboratoriais

4.3.1 Amostras de carne

Aos 37 dias de idade, 10 animais por tratamento foram selecionados próximos à média de peso da parcela, sendo identificados através de anilha de plástico em uma das canelas e transportados em caixas de modelo padrão com dimensões de 0,77 x 0,57 x 0,33 cm (10 aves/caixa) em um caminhão aberto diretamente para um abatedouro comercial.

O abate das aves foi realizado nas dependências do Abatedouro da Asa Alimentos, localizado no município de Nova Veneza (GO), sob fiscalização do serviço de inspeção estadual (SIE) n° 0221-98, conforme Instrução Normativa (IN) n° 3, de 17 de janeiro de 2000.

Após a pendura, os 70 frangos foram abatidos por sangria após passarem por insensibilização elétrica (eletronarcole), sendo posteriormente depenados e eviscerados. Ainda no abatedouro, sem hidratação e resfriamento, a carne do peito foi desossada, a coxa e sobrecoxa foram separadas da carcaça. As partes foram identificadas conforme o tratamento nutricional, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em isopor com gelo até o Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Universidade de Brasília (UnB), localizado na Fazenda Água Limpa (FAL), em Brasília/DF.

4.3.2 Composição bromatológica

Para a composição bromatológica foram avaliados, em triplicata, a umidade (UM), matéria mineral (MN), o teor de proteína bruta (PB) e o teor de lipídios totais (LPT), separadamente, na carne crua do peito e da coxa e sobrecoxa, utilizando um “pool” contendo três amostras de cada músculo, por tratamento.

Para o cálculo da umidade foi inicialmente obtida a matéria seca, como descrito por AOAC (1990) e, em seguida, foi determinada a umidade, através do cálculo:

$$\text{Umidade} = 100\% - \% \text{ Matéria Seca}$$

A matéria mineral foi analisada pelo método gravimétrico pelo incineração em mufla à 600°C por 4 horas, de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1990). O teor

de proteína bruta foi determinado pelo método de destilação e titulação ou método Kjeldahl (AOAC, 1990). O teor de lipídios totais foi determinado pelo método gravimétrico utilizando solvente de éter de petróleo, de acordo com metodologia de Soxhlet (AOAC, 1995).

4.3.3 Avaliações de qualidade da carne

4.3.3.1 pH e cor

Ao chegar ao LNA, as amostras de carne foram acondicionadas em câmara fria à 4°C e armazenadas por 24 horas. Após esse período, o pH e a cor (L*, a* e b*) foram avaliados em triplicata para cada amostra do peito, coxa e sobrecoxa, sendo que o pH foi medido utilizando o phmetro portátil (marca Testo) e a cor foi avaliada com o uso do colorímetro marca Konica-Minolta (Modelo Chroma Meter CR-400) e o sistema CIELAB.

4.3.3.2 Avaliação da maciez

A maciez da carne foi avaliada através da força de cisalhamento (CIS). Para isso, cerca de um terço do músculo do peito de cada animal abatido foi acondicionado em sacos plásticos e transportado em isopor com gelo, até o Laboratório de Microbiologia e Análise de Alimentos (LAMAL), da UnB. As análises foram executadas nas 10 amostras de cada tratamento, as quais foram cortadas no formato de cubos com 2,5 cm de espessura. Para a determinação da perda de peso por cozimento (PPC), os cubos foram pesados e assados utilizando forno elétrico pré-aquecido à 170°C até atingirem temperatura interna de 70°C. O monitoramento da temperatura interna dos cubos de carne foi realizado usando um termômetro do tipo Termopar (marca Testo), com a sonda inserida no centro do cubo de peso médio. Depois de atingirem a temperatura interna desejada, os cubos foram retirados do forno e resfriados, sendo novamente pesados para a determinação da PPC por diferença. Em seguida, os cubos foram embalados e refrigerados, em geladeira, durante a noite. Amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram cortadas a partir dos cubos de forma paralela à

orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares utilizando lâmina de corte em V, com espessura de 1,016 cm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan-KS, USA), de acordo com metodologia de Froning & Uijttenboogaart (1988). Os resultados foram obtidos e apresentados em porcentagem (%) para a perda de peso por cocção e em quilograma-força (Kgf) para a força de cisalhamento.

4.3.3.3 Oxidação lipídica

O restante das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa foi embalado à vácuo em sacos impermeáveis ao oxigênio e mantida sob congelamento até que fosse realizado o ensaio de armazenamento refrigerado para o estudo da oxidação lipídica. Por limitações de espaço e vidrarias, foram feitos ensaios separados para a carne do peito e para a carne do complexo coxa-sobrecoxa. A carne do peito foi mantida congelada por 34 dias até a realização do ensaio de armazenamento, enquanto a carne da coxa e sobrecoxa foi mantida congelada por 48 dias para a realização do segundo ensaio.

Para cada ensaio, foi feito um “pool” com a carne restante do peito ou da coxa e sobrecoxa de 10 animais de cada tratamento. A carne foi moída, adicionada de 0,5% de sal e foram confeccionadas 10 almôndegas de carne, que foram embaladas à vácuo e pré-cozidas em banho-maria a 100°C por 10 minutos, segundo metodologia descrita por Racanicci et al. (2004). As almôndegas de carne foram reembaladas utilizando embalagens permeáveis ao oxigênio e mantidas sob refrigeração (4°C) na ausência de luz durante 8 dias. A determinação dos malonaldeídos foi utilizada para acompanhar o processo de oxidação lipídica através da metodologia de TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) descrita por Madsen et al. (1998). A análise foi efetuada a cada dois dias (0, 2, 4, 6 e 8) em duplicata, em duas almôndegas de carne para cada tratamento por dia.

4.4 Análise Estatística

Os experimentos foram conduzidos em parcelas completamente aleatorizadas e com delineamento fatorial 2x3 (2 plantas: sucupira e copaíba, 3 concentrações: 500, 900 e 1300 ppm) com um controle adicional, totalizando 7 tratamentos.

Os resultados das análises bromatológicas foram analisados pelo modelo linear geral (PROC GLM) utilizando software estatístico SAS (SAS 9.3), sendo a comparação das médias entre os tratamentos efetuada utilizando o teste de Tukey a 5% de significância.

A análise estatística dos dados de qualidade física da carne, como pH, cor (L*, a*, b*), PPC e CIS foram feitas utilizando o procedimento de modelo misto (PROC MIXED) e procedimento linear geral (GLM), respectivamente. A comparação de médias foi realizada por Dunnet e teste Simulado, com significância de 5%.

Para a oxidação lipídica, o período de armazenamento foi considerado um fator longitudinal, variando entre 5 tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias). Adotando o modelo misto, com efeito fixo para tratamento e aleatório para período de armazenamento. Utilizou-se o procedimento de modelo misto (PROC MIXED) do programa estatístico SAS[®] 9.3. As médias foram comparadas por teste de Tukey à 5% de significância. Foi ajustado um modelo linear misto de regressão detectando-se somente efeito quadrático dos tempos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Bromatológica

As médias referentes a composição centesimal da carne do peito para cada tratamento pode ser observada na Tabela 3.2. Os teores de umidade (UM), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) obtidos estão em acordo com os dados encontrados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011) que apresenta 74,8%, 1,0% e 21,5% de UM, MM e PB, respectivamente. Porém, o teor médio de lipídios totais (LPT) encontrado neste experimento foi inferior ao descrito na Tabela de Composição de Alimentos (USDA, 2012), em torno de 1,65g/100g, assim como os dados de Torres et al. (2000), que relataram um teor de lipídios em torno de 1,84g/100g.

A inclusão dos extratos na dieta provocou um aumento significativo ($P < 0,05$) na UM e uma redução ($P < 0,05$) nos teores de LPT da carne quando comparados a CONT. O teor de MM do CONT obteve média superior ($P < 0,05$) à SUC500 e aos dois maiores níveis de inclusão da copaíba (COP900 e COP1300), mas foi semelhante aos tratamentos restantes. Já a porcentagem média de PB foi aumentada ($P < 0,05$) em relação ao, com exceção do SUC500 e SUC900.

Tabela 3.2. Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) da carne do peito apresentados em porcentagem (%) de matéria natural (MN).

Tratamento*	UM	MM	PB	LPT
CONT	74,16 ^f ± 0,01	1,62 ^a ± 0,01	22,88 ^c ± 0,03	1,00 ^a ± 0,00
SUC500	74,66 ^b ± 0,01	1,57 ^b ± 0,00	22,86 ^c ± 0,15	0,83 ^{bc} ± 0,02
SUC900	74,71 ^a ± 0,01	1,60 ^{ab} ± 0,00	23,33 ^{bc} ± 0,13	0,83 ^b ± 0,03
SUC1300	74,55 ^c ± 0,01	1,60 ^{ab} ± 0,00	23,65 ^{ab} ± 0,10	0,82 ^{bc} ± 0,02
COP500	74,44 ^d ± 0,00	1,59 ^{ab} ± 0,01	23,85 ^{ab} ± 0,02	0,81 ^{bc} ± 0,03
COP900	74,25 ^e ± 0,02	1,57 ^b ± 0,02	24,10 ^a ± 0,17	0,73 ^c ± 0,01
COP1300	74,68 ^{ab} ± 0,00	1,57 ^b ± 0,01	23,67 ^{ab} ± 0,04	0,87 ^b ± 0,01

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

Na tabela 3.3 estão apresentadas as médias dos tratamentos relativas a composição bromatológica da carne do complexo coxa-sobrecoxa. As médias de UM e LPT são semelhantes aos valores relatados por Novello et al. (2008), que apresentaram valores entre 74,40 a 76,46% de UM e 4,71 a 5,14% LPT, assim como Novello (2005), que obteve média de UM entre 72,21 a 75,62%, e LPT entre 4,51 a 6,14%. Entretanto, todas as variáveis de composição da carne da coxa e sobrecoxa apresentaram médias superiores as relatadas por Torres et al (2000), que obteve 70,51% de UM, 0,78% de MM, 18,09% PB e 9,32% de LPT.

O tratamento COP900 apresentou o maior teor de UM (P<0,05) quando comparado aos tratamentos restantes, sendo que o CONT apresentou a menor média do grupo. Já para a variável PB, COP1300 foi o único tratamento que diferiu (P<0,05) do CONT, apresentando o maior teor de PB do grupo. Semelhante ao que ocorreu para PB, o teor de LPT não diferiu do CONT, exceto SUC900, que obteve a menor média (P<0,05). O conteúdo de MM, no entanto, foi semelhante para todos os tratamentos.

Tabela 3.3 Valores médios de teor de umidade (UM), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e lipídios totais (LPT) da carne da coxa e sobrecoxa apresentados em porcentagem (%) de matéria natural (MN).

Tratamento*	UM	MM	PB	LPT
CONT	74,45 ^e ± 0,01	1,48 ± 0,005	20,13 ^b ± 0,04	4,77 ^a ± 0,09
SUC500	74,88 ^b ± 0,01	1,51 ± 0,01	19,90 ^b ± 0,01	4,63 ^a ± 0,12
SUC900	74,70 ^{cd} ± 0,02	1,50 ± 0,003	19,88 ^b ± 0,12	4,15 ^b ± 0,07
SUC1300	74,65 ^d ± 0,02	1,48 ± 0,01	19,86 ^b ± 0,07	4,66 ^a ± 0,09
COP500	74,88 ^b ± 0,01	1,49 ± 0,005	19,50 ^b ± 0,10	4,57 ^a ± 0,03
COP900	74,98 ^a ± 0,001	1,47 ± 0,01	20,16 ^b ± 0,32	4,69 ^a ± 0,10
COP1300	75,74 ^c ± 0,01	1,50 ± 0,01	20,87 ^a ± 0,10	4,60 ^a ± 0,02

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

5.2 Qualidade Física

Os dados de qualidade da carne do peito estão descritos na Tabela 3.4. Os valores das médias de pH e luminosidade (L*), teor de vermelho (a*) e teor de amarelo (b*) não diferiram entre os tratamentos, assim como relatado por Leonel et al. (2007) ao suplementar 300mg/kg de vitamina E na ração de frangos. Resultados similares também foram verificados por Young et al. (2003), que ao suplementar a dieta dos animais com orégano (3%) não detectou efeito do tratamento sobre o valor de pH. Porém, Simitzis et al. (2011) detectaram uma diminuição significativa do pH da carne ao suplementar 1,5g/Kg de hesperidina, um bioflavonóide.

De acordo com Qiao et al. (2001), os valores de luminosidade (L*) permitem classificar a carne do peito em 3 grupos: escura (L* < 46), normal (48 < L* < 53) e clara (L* > 53). Considerando estes dados, as médias de todos os tratamentos encontram-se na faixa de normalidade. Os resultados de luminosidade (L*) e teor de vermelho (a*) obtidos neste experimento foram semelhantes aos dados coletados por Zhang et al. (2012), que suplementaram as dietas com diferentes níveis de um análogo da α -tocoferol acetato e não detectaram diferenças entre os tratamentos para essas variáveis.

As médias dos tratamentos para PPC apresentaram diferenças estatísticas entre si ($P < 0,05$) e o CONT apresentou valor intermediário quando confrontado aos demais tratamentos. Ao comparar os tratamentos com diferentes dosagens do óleo de sucupira (SUC), pode-se detectar uma tendência numérica de aumento da PPC conforme há um aumento da dosagem, porém só foram detectadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as médias de SUC500 e SUC1300. Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para a variável CIS.

As variáveis CIS e PPC estão relacionadas à maciez da carne e a sua capacidade de retenção de água quando submetida a estresse térmico, mantendo a água ligada as suas fibras intramusculares (Müller et al., 2012). Dessa forma, pode-se inferir que a dosagem intermediária da copaíba (COP900) foi superior ($P < 0,05$) ao CONT, enquanto o aumento no nível do óleo de sucupira influenciou negativamente este parâmetro. As médias das variáveis PPC e CIS estão em desacordo com os dados de Almeida et al. (2002) e Castro et al. (2008) que encontraram as médias 22,58 e 30,85% (PPC) e 4,35 e 4,76 Kgf (CIS). Porém, os dados são semelhantes aos achados de Barbut et al. (2005) que detectou valores de PPC próximos a 11,25% para carnes classificadas como normais.

Tabela 3.4 Valores médios de pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cozimento (PPC) e cisalhamento (CIS) e respectivos desvios-padrão em amostras de peito de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba.

Cor						
Tratamento*	pH	L^*	a^*	b^*	PPC	CIS
CONT	5,95	48,00	3,19	6,87	14,51 ^{bc}	1,76
SUC500	6,03	49,15	2,99	7,58	15,28 ^{bc}	1,82
SUC900	6,04	48,05	3,44	6,99	17,49 ^{ab}	2,08
SUC1300	6,00	48,48	3,98	6,97	20,95 ^a	1,93
COP500	6,01	49,12	2,38	5,60	20,58 ^a	1,63
COP900	5,99	49,08	2,54	5,78	11,90 ^d	1,33
COP1300	5,97	50,40	3,44	6,14	13,56 ^{cd}	1,74
Desv.Pad.	0,05	1,25	0,86	1,02	1,23	0,66

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente ($P < 0,05$).

*: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

Os dados de pH referentes à carne da coxa e sobrecoxa estão discriminados na Tabela 3.5. Não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos para essa variável, semelhante ao descrito por Mirshekar et al. (2009), que avaliaram o efeito da suplementação de 1000 ppm de extratos de alecrim, equinacea, chá verde e ácido ascórbico sobre a qualidade da carne e também não verificaram efeito sobre o pH (6,29 – 6,37).

Com relação à L^* , a média do CONT diferiu do restante dos tratamentos, apresentando valor inferior ($P < 0,05$) aos demais, com exceção de SUC500 e SUC900. Para essa variável destacam-se os três tratamentos contendo o óleo-resina de copaíba (COP500, COP900 e COP1300), que apresentaram as maiores médias de L^* quando comparadas ao CONT. As médias dos tratamentos, de maneira geral, apresentaram resultados inferiores de L^* aos encontrados por Mirshekar et al. (2009), que variou de 60,80 a 65,20 decorridos 24 horas do abate. Porém, estão de acordo com os dados de Leonel et al. (2007), que testaram o efeito da suplementação de vitamina E (300mg/Kg) na dieta do frangos sobre a qualidade da carne e detectaram que a luminosidade da carne da coxa e sobrecoxa variou de 46,56 a 48,32.

Já as cores relacionadas ao teor de vermelho (a^*) e teor de amarelo (b^*) não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Mirshekar et al. (2009) também não detectaram diferenças para as cores a^* e b^* , entretanto o teor de vermelho detectados pelos autores (8,23 a 9,53) foi discretamente inferiores aos encontrados neste estudo.

O baixo valor de luminosidade e alto valor de teor vermelho podem estar relacionados a concentração de hemoglobina e, principalmente, de mioglobina na carne (Hedrick et al., 1994).

Tabela 3.5 Valores médios de pH, cor (L*, a*, b*) e respectivos desvios-padrão em amostras de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba.

Tratamento*	pH	L*	Cor	
			a*	b*
CONT	6,41	47,71 ^c	10,80	8,17
SUC500	6,38	48,51 ^{bc}	10,47	8,53
SUC900	6,50	48,42 ^{bc}	11,14	8,76
SUC1300	6,49	49,09 ^{ab}	11,98	8,77
COP500	6,47	49,85 ^a	12,19	8,23
COP900	6,35	49,55 ^a	11,98	8,70
COP1300	6,38	49,92 ^a	12,24	8,70
Desv.Pad.	0,06	0,41	0,94	0,35

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna são diferentes estatisticamente (P<0,05).

*: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

5.3 Oxidação Lipídica

Os dados relativos as médias da concentração de malonaldeídos (MDA) das almôndegas de carne do peito e do complexo coxa-sobrecoxa avaliadas durante o armazenamento refrigerado estão apresentados nos Gráficos 3.1 e 3.2, respectivamente.

Não foram detectadas diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos sobre a oxidação lipídica da carne no decorrer do período de armazenamento. Logo, nas condições deste estudo, a suplementação dos óleo-resinas de sucupira e copaíba não exerceu ação antioxidante sobre a proteção dos lipídios.

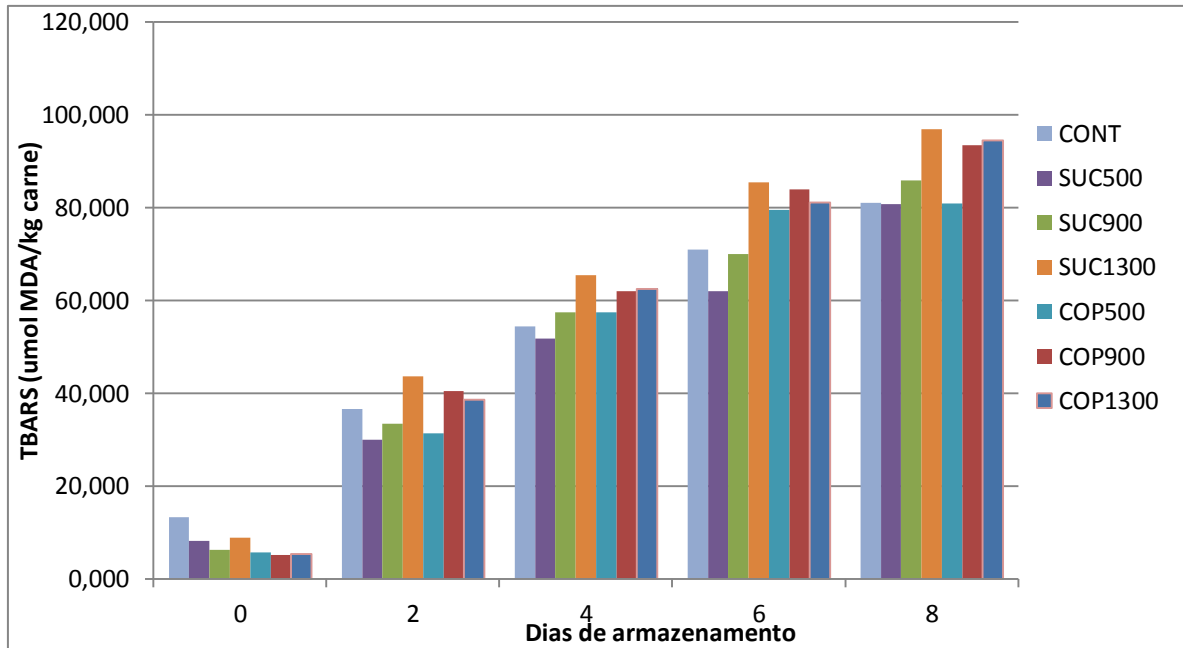


Gráfico 3.1 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne de peito de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias). *: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

A partir do segundo dia de análise, os tratamentos da carne de peito (Gráfico 3.1) que continham os óleo-resinas demonstraram uma tendência numérica em apresentar efeito pró-oxidante quanto maior o nível de inclusão da planta. Já para os tratamentos observados na carne da coxa e sobrecoxa (gráfico 3.2), percebe-se, principalmente nos dias 4 e 8 de análise, uma tendência do CONT em apresentar médias superiores aos demais tratamentos. Porém, da mesma forma que ocorreu com a carne do peito pode-se detectar uma tendência ao aumento da concentração de MDA quando há um aumento nos níveis de inclusão do óleo-resina de sucupira.

Em acordo com os dados deste estudo, Grau et al. (2001) não detectaram capacidade antioxidante do ácido ascórbico (110 mg/Kg) quando suplementado na dieta sobre a carne da coxa e sobrecoxa crua durante o armazenamento (7 meses) a -20°C . Os autores testaram diferentes fontes de óleos (óleo de linhaça, óleo de girassol e óleo de girassol oxidado) na dieta e formaram 6 tratamentos que incluíam uma combinação de um tipo de óleo com ou sem suplementação de ácido ascórbico. Para todos os três tipos de óleo analisados pelos autores, nenhum apresentou diferença significativa entre o tratamento suplementado com o ácido ascórbico e o tratamento sem ele ($P < 0,05$).

Smet et al. (2008) testou a suplementação dietética de diferentes concentrações de extrato de chá verde (100 e 200 mg/Kg) sobre hambúrgueres crus de carne de peito armazenados refrigerados a 4°C por 10 dias. Os autores verificaram que a suplementação com dosagem de 200 mg/Kg de chá verde teve efeito pró-oxidante significativo ($P < 0,05$) quando comparado a dosagem inferior. Resultados semelhantes foram relatados por Wanasundara e Shahidi (1998), que verificaram efeito pró-oxidante do chá verde adicionado a diferentes tipos de óleos.

Relatos de estudos indicam que os óleos de sucupira e copaíba apresentam atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* em razão da composição dos óleos destas plantas que possuem alta concentração de compostos fenólicos em sua fórmula, estão presentes majoritariamente compostos sesquiterpenos, principalmente o β -cariofileno (Romero, 2007; Desmarchelier et al., 2000; Dutra et al., 2009; Maciel, 2002). Porém, dados sobre a ação antioxidante destes compostos são escassos.

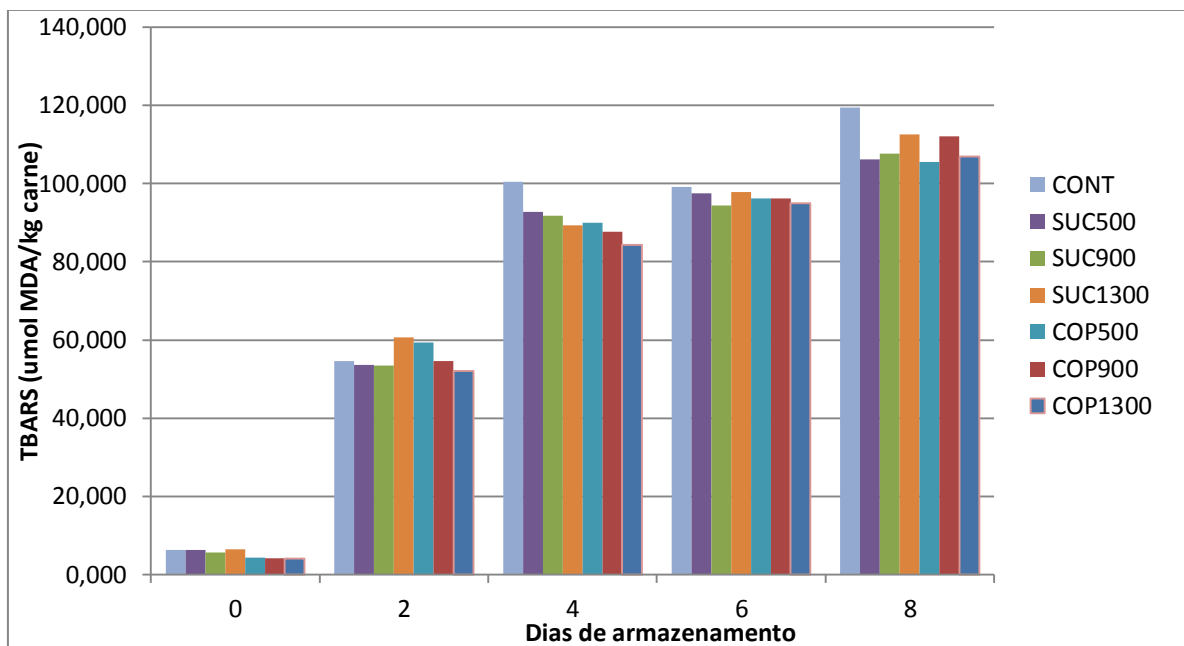


Gráfico 3.2 Compostos secundários da oxidação lipídica (TBARS, $\mu\text{mol MDA/Kg}$ carne) em almôndegas de carne de coxa e sobrecoxa de frangos suplementados com diferentes níveis de extratos de sucupira e copaíba avaliadas durante o armazenamento refrigerado (0, 2, 4, 6 e 8 dias).*: suplementação de 500, 900 e 1300 ppm de óleo-resina de sucupira (SUC) ou copaíba (COP) e o controle negativo (CONT), sem uso de antioxidantes.

Ao estudarem a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos, Fukumoto e Mazza (2000), verificaram que ela está diretamente relacionada a sua estrutura molecular. A eficácia antioxidante destes compostos aumenta juntamente com o número de grupos hidroxila e com uma diminuição em glicosilação. Estes autores também relataram um efeito pró-oxidante dos compostos fenólicos quando detectados em baixas concentrações.

Souza (2013) estudou o efeito da adição de quatro níveis (0,01, 0,05, 0,1 e 0,5%) de óleo-resinas de sucupira e copaíba sobre a estabilidade oxidativa da carne de frango mantida refrigerada a 4°C durante um período de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 dias). No último dia de análise, verificou-se que a inclusão dos dois óleos teve efeito pró-oxidante sobre a carne, de maneira que, conforme aumentava a concentração dos óleos, maior era a concentração de MDA. Somente a maior dosagem (0,5%) dos extratos de sucupira e copaíba apresentou resultados semelhantes ao controle.

As concentrações de MDA obtidos por Souza (2013) foram inferiores aqueles verificados neste experimento desde o dia zero até o oitavo dia. Portanto, pode-se considerar que neste experimento pode ter ocorrido um maior desafio oxidante para a carne e os níveis de inclusão dos óleos não foram suficientes para retardar a peroxidação lipídica. Logo, novos estudos são necessários para avaliar qual o melhor nível de suplementação desses extratos.

6 CONCLUSÃO

A inclusão dos óleos de sucupira e copaíba na dieta de frangos de corte apresentou efeito discreto sobre a qualidade da carne de frango. A suplementação dos óleos não apresentou efeito para a maioria dos parâmetros estudados, como pH, cor (a^* e b^*) e para força de cisalhamento. Porém, detectou-se efeito do tratamento COP900 sobre a perda de água por cocção para a carne do peito, indicando que este tratamento foi eficaz em reter a água dentro das células, afetando positivamente a palatabilidade e textura da carne.

A adição dos óleo-resinas de sucupira e copaíba na dieta de frangos não apresentou atividade antioxidante nas condições deste estudo. Porém, a composição química destes óleos e a eficácia comprovada para alguns de seus compostos em pesquisas *in vitro* indicam que são necessários novos estudos para desvendar os mecanismos de ação dos compostos presentes nos óleos e qual o efeito da interação entre eles. Dessa forma, será possível prever com maior exatidão qual a melhor dosagem de suplementação para estes óleo-resinas.

7 AGRADECIMENTOS

À rede Produção Animal Sustentável (PAS), rede multidisciplinar vinculada ao Programa Redes Pró-Centro Oeste (CNPq) pelo fornecimento dos extratos vegetais e da carne.

Ao financiamento fornecido pelo CAPES/CNPq, o qual possibilitou a execução deste projeto e pela concessão de bolsa.

Ao Decanato de Pesquisa e Pós-graduação pelo financiamento de viagem a congresso para apresentação de trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. C. L., MENDES, A. A., OLIVEIRA, E. G., GARCIA, R. G., GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1744-1752, 2002.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC . **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: AOAC International, 1990. 771p.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

BARBUT, S., ZHANG, L., MARCONE, M. Effects of pale, normal and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated filets. **Poultry Science**, v. 84, p. 797-802, 2005.

CASTRO, J. B. J., CASTILLO, C. J. C., ORTEGA, E. M. M., PEDREIRA, M. S. Jejum alimentar na qualidade da carne de frangos de corte criados em sistema convencional. **Ciência Rural**, v. 38, p. 470-476, 2008.

DESMARCHELIER, C., CICCIA, G., COUSSIO, J. Recent advances in the search for antioxidant activity in South American plants. **Studies in Natural Products Chemistry**, v. 22, p. 343-367, 2000.

DUTRA, R. C., FAVA, M. B., ALVES, C. C., FERREIRA, A. P., RAPOSO, N. R. B. Antiulcerogenic and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Pteridon emarginatus* seeds. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 61, p. 243-250, 2009.

FRONING, G.W.; UIJTENBOOGAAR, T.G. Effect of post mortem electrical stimulation on colour, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 67, p. 1535-1544, 1988.

FUKUMOTO, L R., MAZZA, G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p. 3597-3604, 2000.

GAYTÁN, C.N.; SHIN, D; SAMS, A. R.; KEETON, J. T.; MILLER, R. K.; SMITH, S. B.; SÁNCHEZ-PLATA, M. X.. Dietary lipid source and vitamin E effect on lipid oxidation stability of refrigerated fresh and cooked chicken meat. **Poultry Science**, v. 89, p. 2726-2734, 2010.

GRAU, A., GUARDIOLA, F., GRIMPA, S., BARROETA, A. C., CODONY, R. Oxidative Stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v. 80, p. 1630-1642, 2001.

HEDRICK, H. B., ABERLE, E., FORREST, J. C., JUDGE, M. D., MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 3ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1994. 354p.

LEONEL, F. R., OBA, A., PELICANO, E. R. L., ZEOLA, N. M. B., BOIAGO, M. M., SCATOLINI, A. M., LIMA, T. M. A., SOUZA, P. A., SOUZA, H. B. A. Performance, Carcass Yield, and Qualitative Characteristics of Breast and Leg Muscles of Broilers Fed Diets Supplemented with Vitamin E at Different Ages. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, p. 91-97, 2007.

MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C., VEIGA Jr, V. F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, p. 429-438, 2002.

MADSEN, H.L.; SØRENSEN, B.; SKIBSTED, L.H.; BERTELSEN, G. The antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) in dressing stored exposed to light or in darkness. **Food Chemistry**, v. 63, p. 173-180, 1998.

MILANI, L. I. G. et al. Oxidação lipídica, características sensoriais e cor da carne de frango adicionada de extratos de caqui (*Diospyros kaki*, L.) e submetida a tratamento térmico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 4, p. 242-250, 2010.

MIRSHEKAR, R., DASTAR, B., SHABANPOUR, B. Effect of Rosemary, Echinacea, green tea extracts and ascorbic acid on broiler meat quality. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 12, p. 1069-1074, 2009.

MORRISEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKEY, D. J. Lipid Stability in Meat and Meat Products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.

MÜLLER, A. T., PASCHOAL, E. C., SANTOS, J. M. G. Impacto do manejo pré-abate na qualidade da carne de frango. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 5, p. 61-80, 2012.

NOVELLO, D. **Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia branca**. Curitiba, PR: Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, 2005. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Paraná, 2005.

NOVELLO, D., OST, P. R., NEUMANN, M., PELLEGRINI, L. G. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de carne e ossos. **Ambiência**, v. 4, p. 355-366, 2008.

NEPA - NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. Editora UNICAMP: Campinas, SP, 2011. p. 16-104.

QIAO, M., FLETCHER, D. L., SMITH, D. P., NORTHCUTT, J. K. The effect of broiler breast meat color on pH, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v. 80, p. 676-680, 2001.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D´ARCE, M.A.B.; SKIBSTED, L.K. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Food Research and Technology**, v.218, p. 521-524, 2004.

RHEE, K. S.; ANDERSON, L. M.; SAMS, A. R. Lipid Oxidation Potential of Beef, Chicken and Pork. *Journal of Food Science*, v. 61, p. 8-12, 1996.

ROMERO, A. L. **Contribuição ao conhecimento químico do óleo-resina de copaíba: configuração absoluta de terpenos**. Campinas: Instituto de Química da Universidade

Estadual de Campinas, 2007. 222p. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, 2007.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). **Tabela Brasileira para Aves e Suínos**. 3ed. UFV Editora: Viçosa, MG, 2011, 252p.

SIMITZIS, P. E., SYMEON, G. K., CHARISMIADOU, M. A., AYOUTANTI, A. G., DELIGEORGIS, S. G. The effects of dietary hesperidin supplementation on broiler performance and chicken meat characteristics. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 91, p. 275-282, 2011.

SMET, K., RAES, K., HUYGHEBAERT, G., HAAK, L., ARNOUITS, S., DE SMET, S. Lipid and protein oxidation of broiler meat as influenced by dietary natural antioxidant supplementation. **Poultry Science**, v. 87, p. 1682-1688, 2008.

SOUZA, T. C. **Estabilidade oxidativa da carne de frango pré-cozida contendo bioprodutos do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Ciências Animais da Universidade de Brasília, 2013. 40p. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Agronomia e Ciências Animais da Universidade de Brasília, 2013.

TORRES, E. A. F. S., CAMPOS, N. C., DUARTE, M., GARBELOTTI, M. L., PHILIPPI, S. T., RODRIGUES, R. S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, v. 20, p. 145-150, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Composition of Foods Raw, Processed, Prepared USDA National Nutrient Database for Standard Reference**. USDA: Washington, DC, 2012. p. 106-110.

WANASUNDARA, U. N., SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. **Food Chemistry**, v. 63, p. 335-342, 1998.

YOUNG, J. F., STAGSTED, J., JENSEN, S. K., KARLSSON, A. H. AND HENCKEL, P. Ascorbic acid, α -tocopherol and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. **Poultry Science**, v. 82, p. 1343-1351, 2003.

ZHANG, X., WANG, G., ZHOU, Y., WANG, T. Effect of RRR- α - tocopherol succinate on the meat quality and antioxidative status in broilers. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, p. 341-353, 2012.

CAPÍTULO 4

1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos alcoólicos e os óleo-resinas de barbatimão, pacari, sucupira e copaíba pesquisados neste estudo são comumente utilizados na região devido ao conhecimento popular sobre as propriedades destas plantas. Porém, existem poucos estudos científicos relatando suas propriedades, principalmente àquelas relacionadas a atividade antioxidante destas quatro plantas.

Apesar de não ter sido verificada atividade antioxidante do uso dos extratos de plantas durante os ensaios de armazenamento neste estudo, melhoras foram verificadas na qualidade da carne.

Não existem relatos na literatura do uso destes compostos como antioxidantes na indústria avícola. Portanto, trata-se de uma nova área de pesquisa ainda pouco explorada e inovadora. De acordo com os achados deste estudo e dos dados disponíveis na literatura é de interesse que se continue a aprofundar os conhecimentos a respeito destes antioxidantes.

Além de estudos sobre as propriedades dessas plantas, num segundo momento é interessante explorar o potencial sinérgico destes compostos buscando produtos com ação antioxidante complementar a detectada para estas plantas.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, D.U., WOLFE, F.H., SIM, J.S. The effect of metal chelators, hydroxyl radical scavengers, and enzyme systems on the lipid peroxidation of raw turkey meat. **Poultry Science**, v.72, p. 1972-1980, 1993.

ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, PETER. Molecular Structure. In: **Molecular Biology of the Cell**. 5ed. Nova Iorque, NY: Garland Science, 2007. p. 617-650.

ALMEIDA, S. P., PROENÇA, C. E. B., SANO, S. M., RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Editora EMBRAPA-CPAC: Planaltina, 1998, 464p.

ANDERSEN, M.L.; LAURIDSEN, R.K. AND SKIBSTED, L.H. Phytochemical functional foods, In: JOHNSON, I., WILLIAMSON, G. **Optimising the use of phenolic compounds in foods**. Cambridge: Woodhead Publishing LTD., 2003. p. 315-346.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, v. 350, p. 103-108, 1996.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; LIMA, M. R.; LIMA, C. B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasília**, v.1, n.3, p.69-77, 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3 ed. Editora UFV: Viçosa, 2004. 478p.

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos da tecnologia de alimentos**. Editora Atheneu: São Paulo, 1998. 317 p.

BELITZ, H. D. GROSCH, W. Lipids. In: BELITZ, H. D. GROSCH, W. **Food Chemistry**. 2ed. Springer: Berlin, 1999. p. 152-236.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L., STRYER, L. Lipids and Cell Membranes. In: **Biochemistry**. 7ed. Nova Iorque, NY: W H Freeman, 2011. p. 345-370.

BERSET, C., CUVELIER, M. E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power. **Science des Aliments**, v.16, p. 219-245, 1996.

BOTSOGLOU, N. A., CHRISTAKI, E., FLETOURIS, D. J., FLOROU-PANERI, P., SPAIS, A. B. The effect of dietary oregano essential oil in lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 62, p. 259-265, 2002.

BOURRE, J. M. Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful? **The Journal of Nutrition Health and Aging**, v.9, p. 232-242, 2005.

CHANDRA, S., DE MEJIA, E.G. Polyphenolic compounds, antioxidant capacity, and quinone reductase activity of an aqueous extract of *Ardisia compressa* in comparison to Mate (*Ilex paraguariensis*) and green (*Camellia sinensis*) teas. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 3583-3589, 2004.

CHOE, E.; MIN, D. B. Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. **Food Science and Food Safety**, v. 08, p. 345-358, 2009.

COELHO, T. H.; MOREIRA, A. L.. **Fisiologia das membranas celulares**, Aula teórico-prática. Texto de Apoio. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2001. p. 1-29.

CUPPETT, S. L., HALL, C. A. Antioxidant activity of Labiatae. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 42, p. 245–271, 1998.

CUVELIER, M. E., RICHARD, H., BERST, C. Comparison of the antioxidative activity of some acid-phenols: structure–activity relationship. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 56, p. 5-324, 1992.

DUTRA, R. C., LEITE, M. N., BARBOSA, N. R. Quantification of Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of *Pterodon emarginatus* Vogel Seeds. **International Journal of Molecular Science**, v. 9, p. 606-614, 2008.

EUROPEAN UNION - EU. Scientific Opinion on the re-evaluation of butylated hydroxytoluene BHT (E321) as a food additive. **EFSA Journal**, v. 10, p. 1-43, 2012.

FASSEAS, M. K.; MOUNTZOURIS, K. C.; TARANTILIS, P. A.; POLISSIOU, M.; ZERVAS, G. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, v. 106, p. 1188-1194, 2007.

FERREIRA, W. M. **Digestão e Metabolismo dos Lipídios**. Editora UFMG: Belo Horizonte, 1999. p. 1-34.

FILIP, R.; LÓPEZ, P.; GIBERTI, G.; COUSSIO, J.; FERRARO, G. Phenolic compounds in seven South American Ilex species. **Fitoterapia**, v. 72, p. 774-778, 2001.

FRANKEL, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality, **Food Chemistry**, v. 57, p. 5-51, 1996.

FRANKEL, E. N., HUANG, S. W., KANNER, J., GERMAN, J. B. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils versus emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, p. 1054-1059, 1994.

FUKUMOTO, L. R.; MAZZA, G. Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p. 3597-3604, 2000.

GALDINO, P. M.; NASCIMENTO, M. V. M.; SAMPAIO, B. L.; FERREIRA, R. N.; PAULA, J. R.; COSTA, E. A. Antidepressant-like effect of *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. ethanolic extract and fractions in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 124, p. 581-585, 2009.

GILBERT, B.; FERREIRA, J. L. P.; ALVES, L. F. **Monografias de plantas medicinais brasileiras e aclimatadas**. 1ed. Curitiba: Abifito Editora, 2005.

GITTO, E., TAN, D., REITER, R. J., KARBOWNIK, M., MANCHESTER, L. C., CUZZOCREA, S., FULIA, F., BARBERI, I. Individual and synergistic antioxidative actions of melatonin: studies with vitamin E, vitamin C, glutathione and desferrioxamine (desferoxamine) in rat liver homogenates. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 53, p. 1393-1401, 2001.

GONZALEZ-ESQUERRA, R., LEESON, S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with n-3 fatty acids. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, p. 295–305, 2001,.

GORDON, M. H. The development of oxidative rancidity in foods. In: POKORNY, J., et al. **Antioxidants in Food: Practical Applications**. Inglaterra: Woodhead Publishing, 2001. p. 7-21.

GOTOH, N., WATANABE, H., OKA, T., MASHIMO, D., NOGUCHI, N., HATA, K., WADA, S. Dietary Marine-Derived Tocopherol has a Higher Biological Availability in Mice Relative to Alpha-Tocopherol. **Lipids**, v.44, p. 133-143, 2009.

GOVARIS, A., et al. Dietary Supplementation of Oregano Essential Oil and α -tocopheryl Acetate on Microbial Growth and Lipid Oxidation of Turkey Breast Fillets During Storage. **Poultry Science**, v. 04, p. 969-975, 2005.

GULÇIN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, v. 86, p. 345-391, 2012.

HERRERO-JÁUREGUI, C., CASADO, M. A., ZOGHBI, M. G. B., MARTINS-DA-SILVA, R. C. Chemical Variability of *Copaifera reticulata* Ducke Oleoresin. **Chemistry and Biodiversity**, v. 8, p. 674-685, 2011.

IQBAL, M., CAWTHON, D., BEERS, K., WIDEMAN, R. F., BOTJE, W. G. Antioxidant Enzyme Activities and Mitochondrial Fatty Acids in Pulmonary Hypertension Syndrome (PHS) in Broilers. **Poultry Science**, v. 81, p. 252-260, 2002.

KAHL, R., KAPPUS, H. Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. **European Food Research and Technology**, v. 196, p. 329-338, 1993.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v. 36, p. 169-189, 1994.

KIM, B. C., et al. Influence of Dietary α -Tocopheryl Acetate Supplementation on Cholesterol Oxidation in Retail Packed Chicken Meat during Refrigerated Storage. In: **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 70, n. 4, p. 808–814, 2006.

LEHNINGER, A. J.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipídios. In: LEHNINGER, A. J.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios da Bioquímica**. 3ed. São Paulo: Savier, 2000. p. 280-300.

LEITE, A.M.C.; SALOMÃO, A.N. Estrutura populacional de regenerantes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em Mata Ciliar do Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica**, v.6, n.1, p.123-134, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 230p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000, p. .

LORENZI, H., MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. p. 544–546.

LYNCH, M. P., FAUSTMAN, C. Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 600-604, 2000.

MACHADO, J. W. B. **Relação origem/solo e tolerância à saturação hídrica de *Copaifera langsdorffii* Desf.** Campinas: Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, 1990. 129p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, 1990.

MADSEN, H. L., BERTELSEN, G. Spices as Antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 271-277, 1995.

MARTINEZ-TOME, M., JIMENEZ, A. M., RUGGIERI, S., FREGA, N., STRABBIOLI, R., MURCIA, M. A. Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. **Journal of Food Protection**, v. 64, p. 1412–1419, 2001.

MÁTHÉ, A. Essential Oils: Biochemistry, Production and Utilization. In: STEINER, T. **Phytogenics in Animal Nutrition Natural Concepts to Optimize Gut Health and Performance**. Reino Unido: Nottingham University Press, 2009. p. 11-18.

MELO, E. A., GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Bol. SBCTA**, v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

- MIN, B., AHN, D.U. Mechanisms of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products – A Review. **Food Science and Biothecnology**, v.14, p. 152-163, 2005.
- MIRANDA, R. C. M., WANDERLEY, T. K. V., MOURA, W., ARAÚJO, J. Atividade antimicrobiana do óleo de copaíba (*Copaífera* spp.) de diferentes procedências. **Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil**, v. 16, p. 223, 2000.
- MORRISEY, P. A., SHEEHY, P. J. A., GALVIN, K., KEVIN, J. P., BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.
- MUNDO, S. R., DUARTE, M. R. Morfoanatomia foliar e caulinar de dedaleiro: *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (Lythraceae). **Latin American Journal of Pharmacy**, v.26, n.04, p. 522-529, 2007.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipids. In: NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5ed. Nova Iorque: W. H. Freedman Company, 2008. p. 343-370.
- NEWMAN, R. E., BRYDEN, W. L., FLECK, E., ASHES, J. R., BUTTEMER, W. A., STORLIEN, L. H., DOWNING, J. A. Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. **British Journal of Nutrition**, v.88, p. 11–18, 2002.
- NUMAKAWA, Y., NUMAKAWA, T., MATSUMOTO, T., YAGASAKI, Y., KAMAMARO, E., KUNUGI, H., TAGUSHI, T., NIKI, E. Vitamin E protected cultured cortical neurons from oxidative stress-induced cell death through the activation of mitogen-activated protein kinase and phosphatidylinositol 3-kinase. **Journal of Neurochemistry**, v.97, p. 1191-1202, 2006.
- O'KEEFE, S. F. Nomenclature and Classification of Lipids. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Technology**. 2ed. New York: Marcel Dekker Inc., 2002. p. 1-40.
- OLIVEIRA, S. S.; VANZELER, M. L. A. Evaluation of effects of metabolic extract of *Stryphnodendrom tightens* (Mart) Coville for gavagem in the ciclo estral of female rats. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 8, n. 1, p. 22-28, 2011.

PAIVA, L. A. F., GURGEL, L. A., DE SOUZA, E. T., SILVEIRA, E. R., SILVA, R. M., SANTOS, F. A., RAO, V. S. N. Protective effect of *Copaifera langsdorffii* óleo-resin against acetic acid-induced colitis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 93, p. 51-56, 2004.

PEREIRA, M.G. **Aplicação de Antioxidantes Naturais em Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Ave**. Santa Maria: Ciências Rurais da Universidade de Santa Maria, 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) - Ciências Rurais da Universidade de Santa Maria, 2009..

PERKINS, E. G. Nomenclature and Classification of Lipids. In: PERKINS, E. G. **Analysis of Fat, Oils and Derivatives**. 1ed. Illinois: AOCS Press, 1993. p. 1-19.

PIKUL, J., LESZCZYNSKI, D. E., KUMMEROW, F. A. Relative role of phospholipids, triacylglycerols, and cholesterol esters on malonaldehyde formation in fat extracted from chicken meat. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 704-708, 1984.

POKORNY, J. Antioxidants in food preservation. In: RHAMAN, S. **Handbook of Food Preservation**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 37-309.

POKORNÝ, J. Natural antioxidants for food use. In: **Trends in Food Science and Technology**, v. 2, p. 223-227, 1991.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L.H. (Mate (*Ilex paraguariensis*)) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research Technology**, v. 227, p. 255–260, 2008.

RIZZO, P. V., et al. Foundation and Perspectives of the Use of Plant Extracts as Performance Enhancers in Broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 4, p. 195-20, 2008.

ROBERFROID, M, CALDERON, P. B. Definitions, Properties, and Reactions of Radicals. **Free Radicals and Oxidation Phenomena in Biological Systems**. 3ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1995, p. 11-32.

SALAZAR, M., ROJO, A. I., VELASCO, D., SAGARRA, R. M., CUADRADO, R. Glycogen synthase kinase-3 β inhibits the xebiotic and antioxidant cell response by direct phosphorylation and nuclear exclusion of the transcription factor Nrf2. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 281, p. 14841-14851, 2006.

SAMPAIO, B. L.; LEÃO, D. T. **Estudo farmacognóstico de *Lafoensia pacari* St.-Hill. (Lythraceae)**. Goiânia: Curso de Farmácia da Universidade Estadual de Goiás, 2007. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás, 2007.

SATO, K., NIKI, E., SHIMASAKI, H. Free radical-mediated chain oxidation of low density lipoprotein and its synergistic inhibition by vitamin E and vitamin C. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 279, p. 402-405, 1990.

SAXENA, M., SAXENA, J., PRADHAN, A. Flavonoids and Phenolic Acids as Antioxidants in Plants and Human Health. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 28, p. 130-134, 2012.

SIES, H., STAHL, W. Vitamins E and C, α -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1315S-21S, 1995.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, p. 94-103, 1999.

SIMIC, M. G. Free radical mechanism of autoxidation process. **Journal of Chemical Education**, v. 58, p. 31-125, 1981.

SMET, K., et al. Lipid and Protein Oxidation of Broiler Meat as Influenced by Dietary Natural Antioxidant Supplementation. **Poultry Science**, v. 87, p. 1682-1688, 2008.

SOLON, S.; LOPES, L.; SOUSA-JUNIOR, P. T. de; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity of *Lafoensia pacari*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 72, p. 173-178, 2000.

SOUZA, T. M., SEVERI, J. A., SILVA, V. Y. A., SANTOS, E., PIETRO, R. C. L. R. Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae-Mimosoidae). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 28, n. 2, p. 221-226, 2007.

SURAI, P. F. Natural Antioxidants and immunity. In: **Natural Antioxidants in avian Nutrition and reproduction**. 1ed. Nottingham: Nottingham University Press, 2002. p. 511-545.

SURAI, P. F. Natural Antioxidants in Poultry Nutrition: New Developments. In: XVI EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 16., 2007, Strasbourg. **Anais...** Strasbourg: WPSA, p. 669-676, 2007.

TRABER, M. G., ATKINSON, J. Vitamin E, antioxidant and nothing more. **Free Radicals Biology Medicine**, v. 43, p. 4-15, 2007.

UBABEF. **Avicultura Brasileira em 2010: Exportações e Produção**. São Paulo, 13 de janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.abef.com.br/noticias_portal/exibenoticia.php?notcodigo=2389>. Acessado em : 15 de janeiro de 2011.

VALENZUELA, A. B., NIETO, S. K. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. **Grasas y Aceites**, v. 47, p. 96-186, 1996.

VEIGA JÚNIOR, V. F., PINTO, A. C. O gênero *Copaífera L.* **Química Nova**, v. 25, p. 273-286, 2002.

VENTANAS, S., ESTÉVEZ, M., DELGADO, C. L., RUIZ, J. Phospholipid oxidation, non-enzymatic browning development, volatile compound generation in model systems containing liposomes from porcine *Longissimus dorsi* and selected amino acids. **Europe Food Research and Technology**, v. 225, p. 665-675, 2007.

WANASUNDARA, P. K. J. P. D., SHAHIDI, F. Antioxidants: Science, Technology, and Applications. In: SHAHIDI, F. (Ed.). **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. 6ed. New York: John Wiley and Sons, 2005. p. 431 - 489.

WHITE, P. J., XING, Y. Antioxidants from cereals and legumes. In: SHAHIDI, F. **Natural Antioxidants, Chemistry, Health Effects, and Applications**. Illinois: AOCS Press, 1997. p. 25-63.

WOOD, J. V., ENSER, M., FISHER, A. V., NUTE, G. R., SHEARD, P. R., RICHARDSON, R. I., HUGHES, S. I., WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v.78, p. 343-358, 2003.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, N.V. Inhibiting Oxidation. In: POKORNY, J., YANISHLIEVA, N., GORDON, M. **Antioxidants in Food: Practical Applications**. 1ed. Inglaterra: Woodhead Publishing, 2001a. p. 35-84.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, N.V. Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In: POKORNY, J., YANISHLIEVA, N., GORDON, M. **Antioxidants in Food: Practical Applications**. 1st ed. Ingleterra: Woodhead Publishing, 2001b. p. 210-266.

YEUM, K.J. et al. Synergistic interactions of antioxidant nutrients in a biological model system. **Nutrition**, v. 25, p. 839-846, 2009.

YU, T-W.; ANDERSON, D. Reactive oxygen species-induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, v.379, n.2, p. 201-210, 1997.